昭和 34 年 10 月

漁 船 研 究 技 報

第 13 号

TECHNICAL REPORT OF FISHING BOAT

No. 13

OCTOBER 1959

水産庁　生産部
FISHING BOAT LABORATORY
PRODUCUION DIVISION
FISHERIES AGENCY

MINISTRY OF AGRICURTURE AND FORESTRY
KASUMIGASEKI, CHIYODAKU, TOKYO, IAPAN

目　　次

木造小型トロール漁船の船型試験……横山信立・小林　務…(1)

木造小型トロール漁船の自航試験……横山信立・今成栄一…(21)

和洋折衷型木造実験船ちどりの船体たわみ試験について……土 屋　孟…(31)

底曳網用諸測定器を使用しての一艘曳機船底曳網の測定実験……葉室親正…(55)

魚体の超音波反射損失の研究（魚体の寸度と波長の検討）……間庭愛信…(81)

14kc 音響測深機とそれと同一機構を有する試作極超音波音響測深機による海底記録像の比較……橋本富寿・間庭愛信・西村　実…(89)

Sonobuoy による魚群検知に関する一実験……橋本富寿・西村　実・間庭愛信…(95)

鰹鮪用魚群探知機の技術的考察とその試作ならびに海上実験……橋本富寿・間庭愛信…(103)

Contents

Resistance Test of European Wooden Trawler (No. 2)……Nobutatsu Yokoyama & Tsutomu Kobayashi…(1)

Self-propulsion Test with European Wooden Small Trawler Models……Nobutatsu Yokoyama & Eiichi Imanari…(21)

The Hull Deflection Test with "Chidori", 3.67 GT Semi European Type Wooden Boat……Takeshi Tsuchiya…(31)

Results of Measure Experiments by Several Meters on Net Shape of One-Boat Trawl Net (Danish Seine Net)……Chikamasa Hamuro…(55)

Study on Ultrasonic Waves Reflection Loss at Fish-body (Examination on Dimension of Fish-Body and Wave-length)……Yoshinobu Maniwa…(81)

Comparison between the Echo-trace of Sea-bottom by the 14 kc Echo-Sounder and that by the Echo-sounder of Ultra High Frequency Sound-wave Which Has the Same Mechanism as the 14 kc Echo-sounder……Tomiju Hashimoto, Yoshinobu Maniwa & Minoru Nishimura…(89)

Detection of Fish by Sonobuoy……Tomiju Hashimoto, Minoru Nishimura & Yoshinobu Maniwa…(95)

Technical Examination and Tentative Making of Fish-finder for Tuna and Experiment on it on Sea……Tomiju Hashimoto & Yoshinobu Maniwa…(103)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/technical-report-fishing-boat_1959-10_13

木造小型トロール漁船の船型試験

横山信立　小林　務

Resistance Test of European Wooden Trawler (No. 2)

Nobutatsu YOKOYAMA and Tsutomu KOBAYASHI

ABSTRACT

This paper describes the towing test results with the practical model family programmed by FAO, UN. The preliminary experiment reported in the Technical Report No. 12 was carried out with the models developed too faithful to a geometrical method to be referred to the practical design. These models are modified to have a same profile except for the corresponding draft. As a result the fore and aft ends of the models are sharpen or fatten being kept to have the same LCB and displacement as those of the preceeding test. The lines of the family are in Fig. 1 and test conditions are in Table II. The test results can be summarized as follows:

1. Test result

   The results are given in Fig. 2 in the form of *ehp* and the cross curves of *ehp* on the base of prismatic coefficient Φ are in Fig. 3.

2. Comparison between two families

   ehp increment of the practical models compared with the geometrical ones is shown in Table III. In case of Model 625 and 675 these increases mainly depend on the under-water fullness of fore and aft ends as are shown in the form resistance factor in Table VI. As for Model 525 the additional test will reveal the reason.

3. Optimum prismatic coeft.

   The optimum prismatic coefficient range Φ_0 which gives 100—100.5% of the experimented minimum *ehp* is shown in Fig. 4. Differences for 525 and 675 from min. *ehp* are in Table IV.

4. Trim effect

   The effect of trim on *ehp* is mostly within 10% and the designed trim (0.04 L by stern) is the most favorable.

From the above results the effect of Φ on the model resistance of small boat is much greater than expected and the experiment shows the lower prismatic, say $\Phi<0.6$, is preferable as Mr. Jan-Olof Traung has often stressed. And the comparison of the result with the preceeding test reveals a great effect of the end-fullness on the resistance in calm water.

目次

1. 概要
2. 試験要領
3. 試験成績
4. むすび

〔補遺〕
1. 模型の改造
2. 抵抗試験
3. 追加試験
4. 実験誤差

1. 概要

前号に於いて25米の木造小型トロール船の母型及びこの肥瘠の程度を系統的に変えた3種類の姉妹船型の抵抗試験の結果を報告した。その結果によると柱肥瘠係数 $\Phi=\nabla/LA\otimes$ の大小によつて船体抵抗が大きく変り、最小の抵抗値を与える Φ の大きさは速力によつて違うが9節では0.56, 11節では0.59位になる。但し実験誤差を考慮する必要はあるが、日本に於いて稼働している何れの漁船よりも小さい値である。これはFAOのJan-Olof Traung氏が兼ね兼ね提唱していることを裏書きするもので、小さい Φ の船の方が船体抵抗上非常に有利であることを示している。

然し乍ら前号の変型法はTraung氏の計画とは多少相違し、変型方法を系統的に統一する為に著者等が勝手に試みたもので、余りに幾何学的過ぎて実用から離れ、今後の自航試験及び波浪中の比較試験に際して、実船設計者からの非難も予想される。そこで同氏の指示に基いて艏艉の形状を添削し、吃水をのぞいて姉妹船型の側面形状が母型と全く同一になる様に加工修正した。従つて艏艉形状を変更した為の二次的影響が当然介入する訳で、今回は此等の修正模型群について抵抗試験を前回と同一状態で行つたのである。以下記述の便宜上前回のものを幾何模型群、今回のものを実用模型群と仮称する。

試験要領及び成績の詳細は別項の通である。この結果を要約すると如何になるかと云うと、抵抗を構成する要素を厳密に分析すれば夫々異つた差異があり、又実験誤差の問題もあるので、最終的な断定は下せないのであるが、最小の抵抗を与える Φ の値については両群の試験結果は殆んど同じで、25米の実船で速力10節以下では問題なく $\Phi<0.6$ の船型の抵抗が少ない。但し両群を比較すると姉妹船型は何れも実用模型群の方の抵抗が大きい。即ち実用模型群の方が抵抗の大小が更に強調され、$\Phi=0.675$ の如く肥えた船の抵抗は最小の抵抗値よりも3~4割も大きくなつている。

然し此の結論は速力10節附近までであつて、11節附近では各船入乱れ、全部の実験は行なつて居ないけれども12節以上の或る範囲では恐らく優劣所を換えて逆の傾向を示すのではない

かと推定される。実は此の傾向は実用模型群の試験結果だけでは、10～12 節附近は混沌として結論をつかみ難かつたに相違なく、幾何模型群による予備試験で二次的影響の少ない比較的綺麗な成績が得られていた為に傾向を推定することが可能であつた。

然し現在の漁船の計画速力を本船の速力に換算すると 8.5～9.5 節に相当するから、$\Phi<0.6$ とした方が、静水抵抗の見地からすれば有利であつて、$\Phi>0.65$ とすると 30% 以上の抵抗増加がある場合も一応考えられる*。従つて満載時の Φ が 0.65～0.70 のものが圧倒的に多い我国の漁船群に対しては重要な参考資料であつて、Low Prisma を提唱する Traung 氏の所論を傾聴すべきである。

低 Φ とすることは排水量は一定であるから船体の容積分布を⊠附近に今迄よりも集中することであつて、復元性能上からも有利な筈である。仮に 150 噸級の鰹鮪船を例にとると、第1表の如く $\Phi=0.69$ であつて、排水量長比は今回の実験状態と殆んど変りなく、従つて前述の傾向は殆んど同じと考えられるから抵抗の大きい状態で稼働していることになり、改善の余地が大いにある様である。そこで $\Phi<0.6$ とした時の一例をあげれば同表の通りである。

第1表

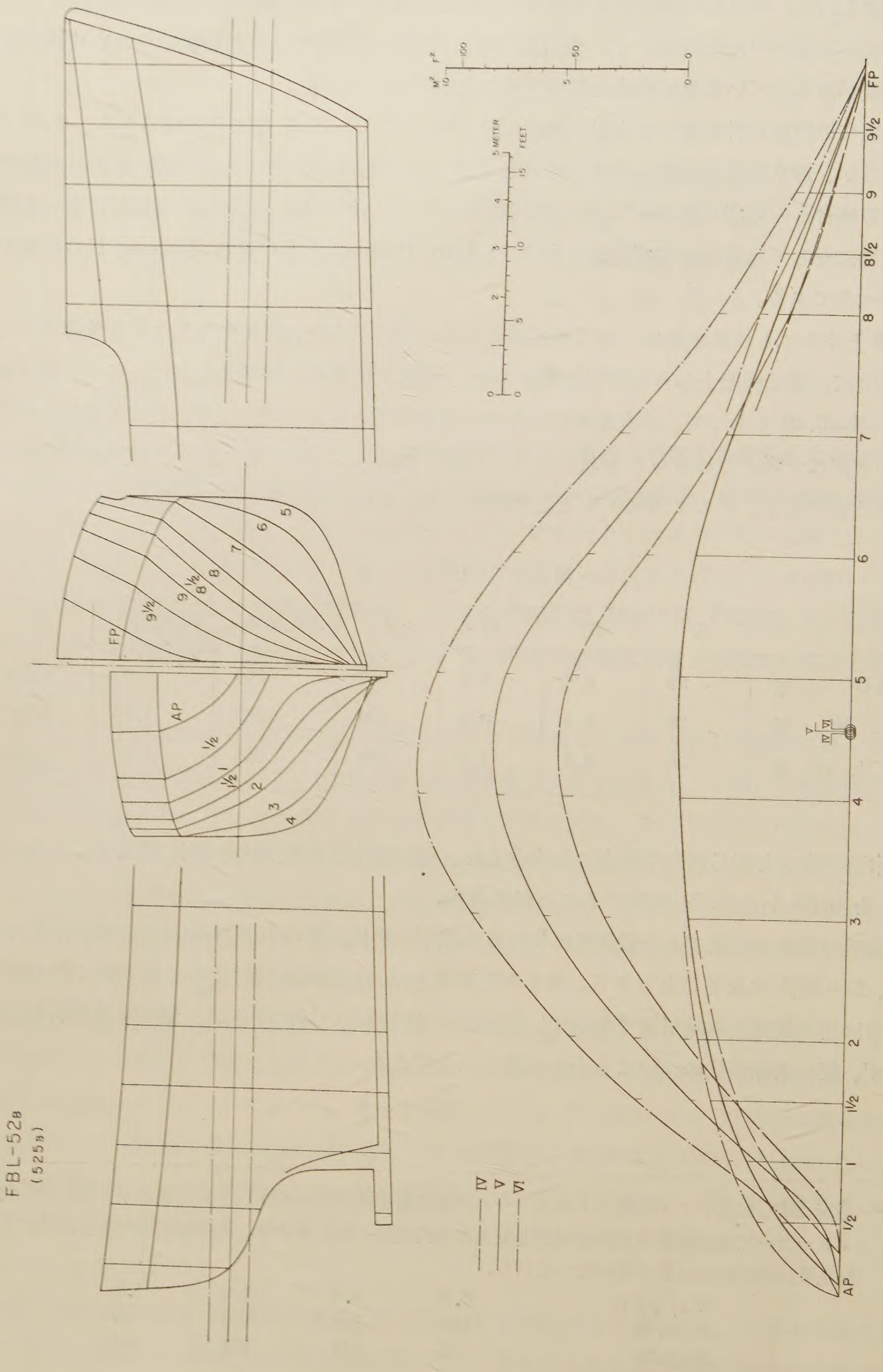
	L	B	D	Δ	$\Delta/0.01L_{ft}$	$V_K/\sqrt{L_{ft}}$	Φ
	米	米	米	瓲	瓲/(呎)^3	節/(呎)$^{1/2}$	
FAO 案	25	6.8	3.7	200	364	1.05	0.575
鰹鮪船	28	6.4	3.0	280	359	1.05	0.69
同上改案	28	6.9	3.2	280	359	1.05	0.585

即ち巾及び吃水を同じ割合で現在より大きくし、例えば中央満載面積を 20% 増加することにより Φ を 0.69 から 0.59 に減ずることが出来る。

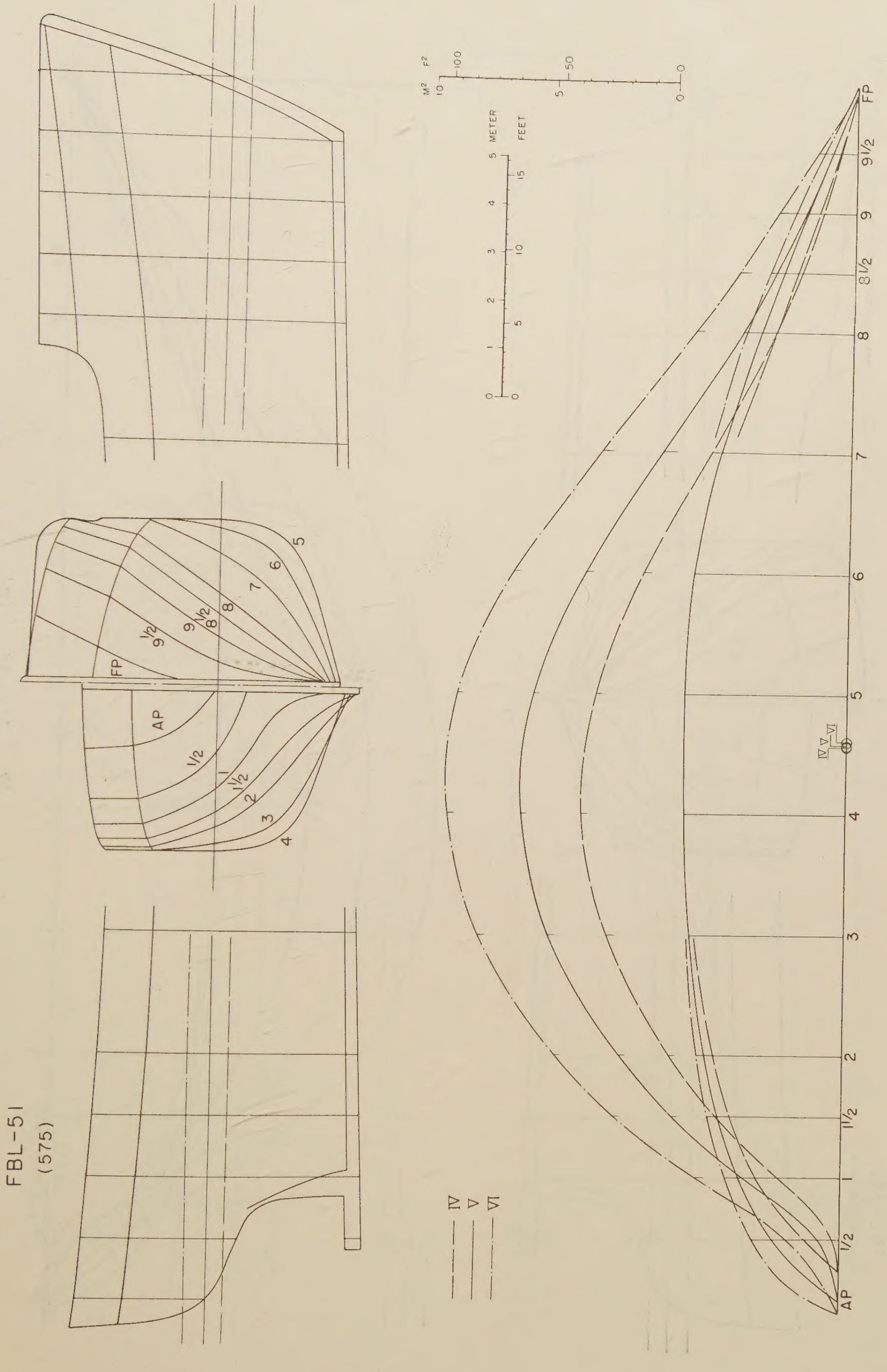
又前回の実験と比較すると艏艉端に於ける水線下の形状の膨み方或は尖り方の影響が案外大きく、10～20% になることもある。最も実用模型とは云え線図を検討すると判る様に $\Phi=0.675$ の如きは相当無理な水線形状であつて、現実には有り得ない様に思うが、艏の水線傾斜角のみならず、艉の水線形状についても十分注意すべきである。

註 * 最近 NPL に於いて 130 隻のトローラーの実験成績を統計的に整理した報告書の中で 200 呎の大型トローラーで柱肥瘠係数だけを変化させた群の内或る一例を見ると、柱肥瘠係数の変化だけによる抵抗値の変化割合は次の様になつている。

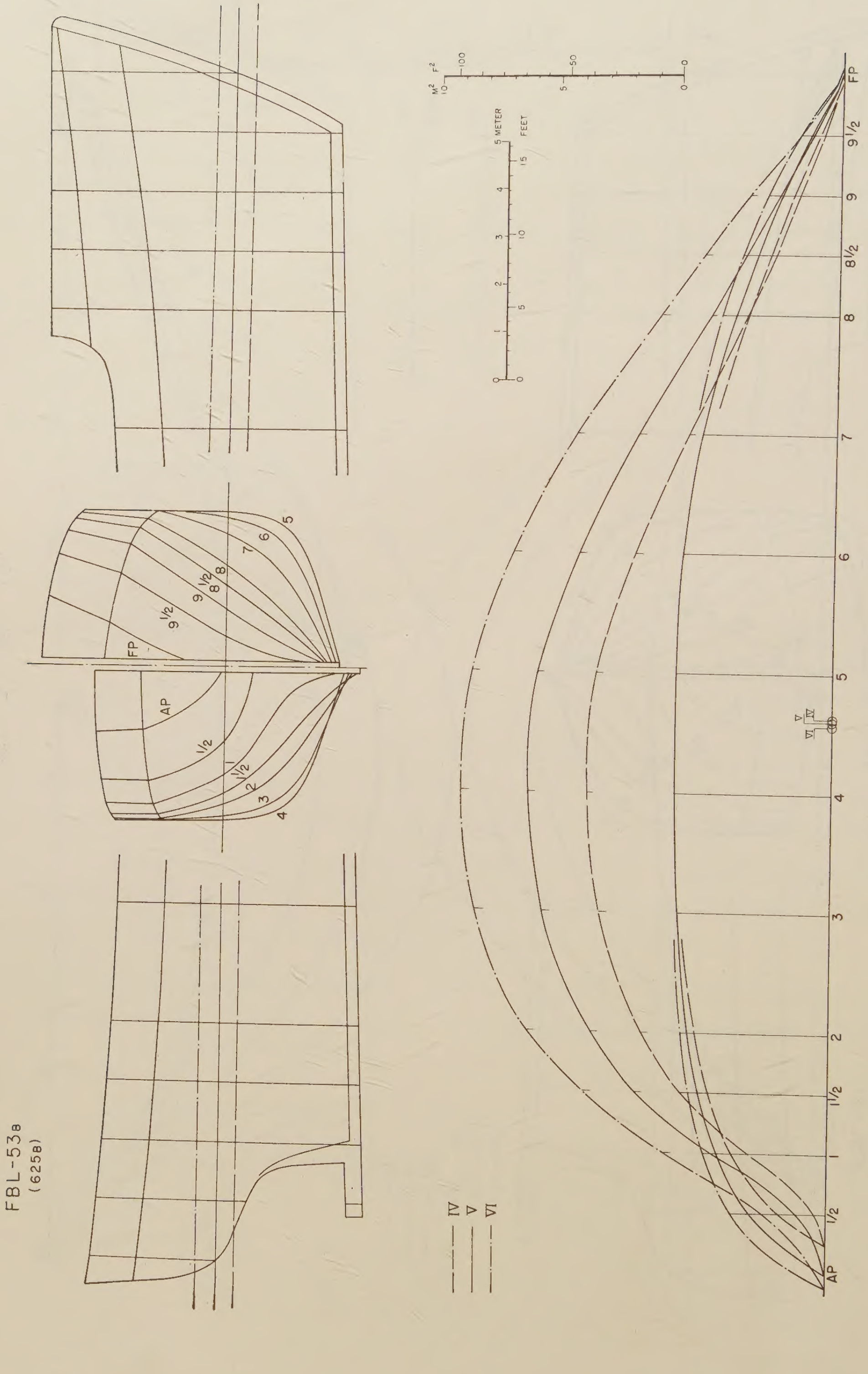
$V_K/\sqrt{L\text{ft}}$	0.8	0.9	1.0	1.1
$\Phi=0.60$	100	100	100	100
$\Phi=0.70$	95	111	164	204


FBL-52B
(525B)
FP
9½
9
8½
8
7
6
5
4
3
2
1½
1
½
AP
AP
½
1
1½
2
3
4
5
6
7
8
8½
9
9½
FP
5 METER
FEET
0
5
10
15
M²
F²
100
50
0
IV
V
VI

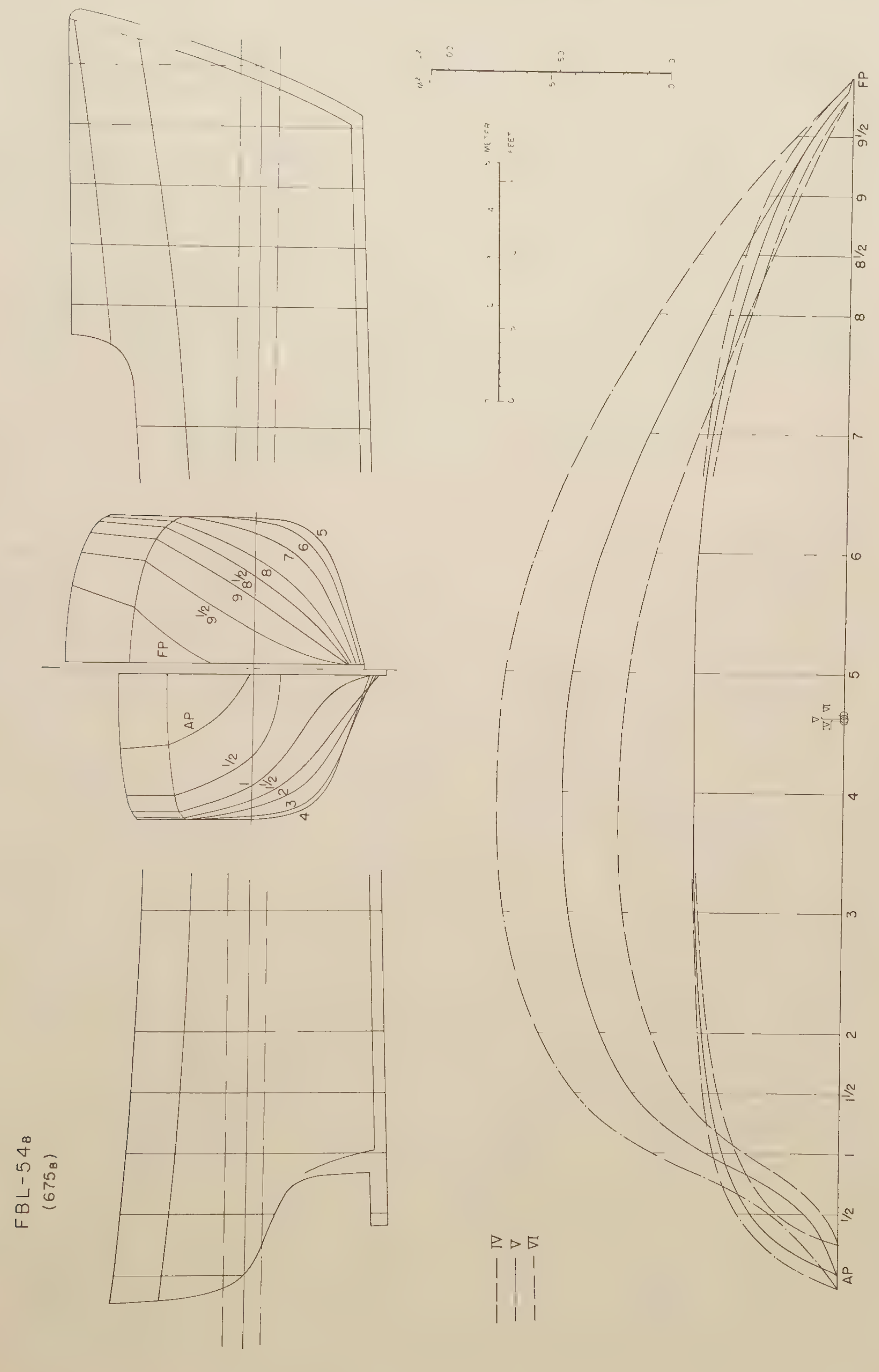
第 1 図 (a)


FBL-51
(575)
FP
9½
9
8½
8
7
6
5
4
3
2
1½
1
½
AP
5
6
7
8
9½
9
FP
AP
½
1
1½
2
3
4
M² 10 5 0
F² 100 50 0
METER 0 1 2 3 4 5
FEET 0 5 10 15
IV
V
VI

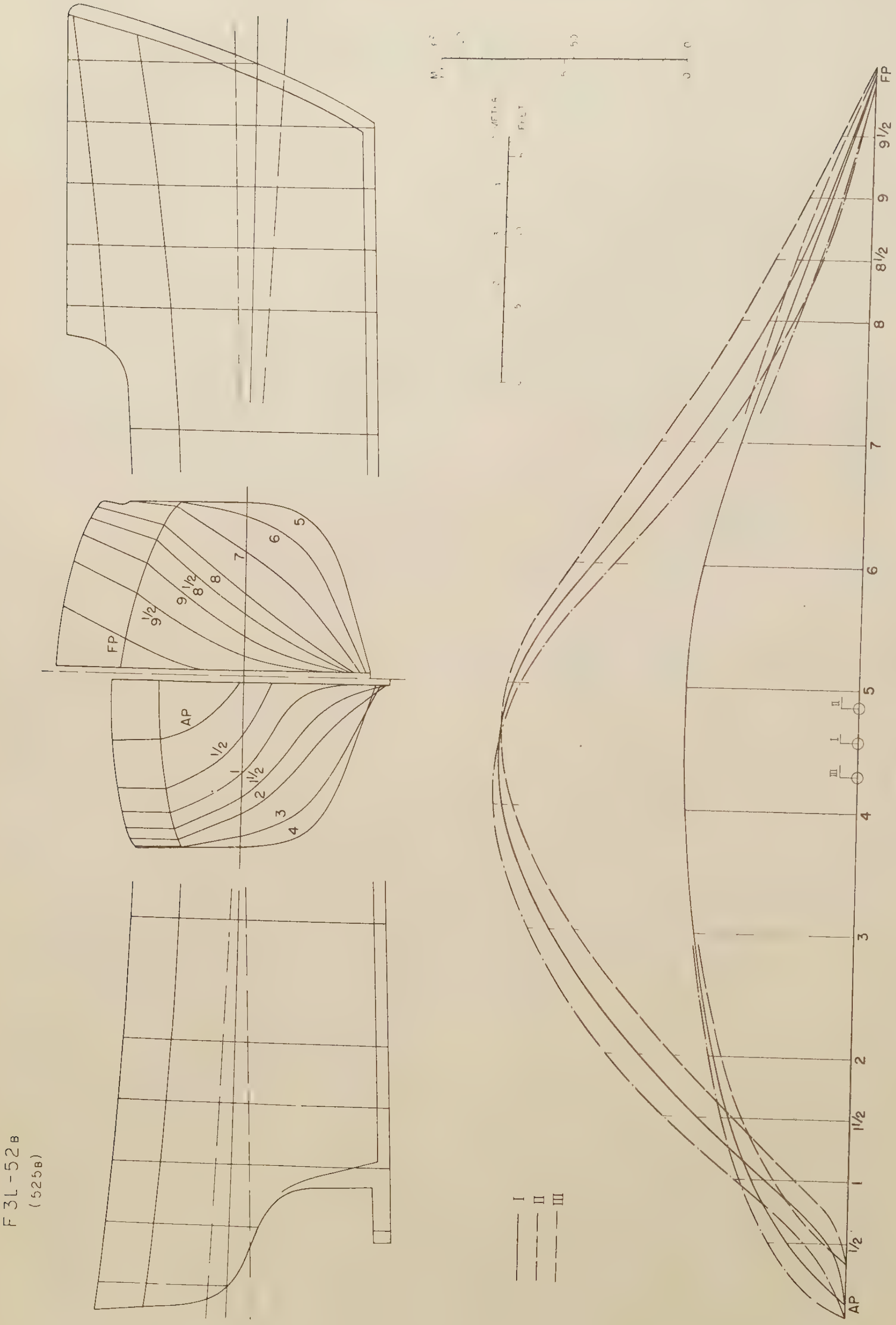
第 1 図 (b)


FBL-53B
(625B)
IV
V
VI
AP
1/2
1
1 1/2
2
3
4
5
6
7
8
8 1/2
9
9 1/2
FP
5 METER
FEET
0
1
2
3
4
5
10
15
M2
F2
100
50
0

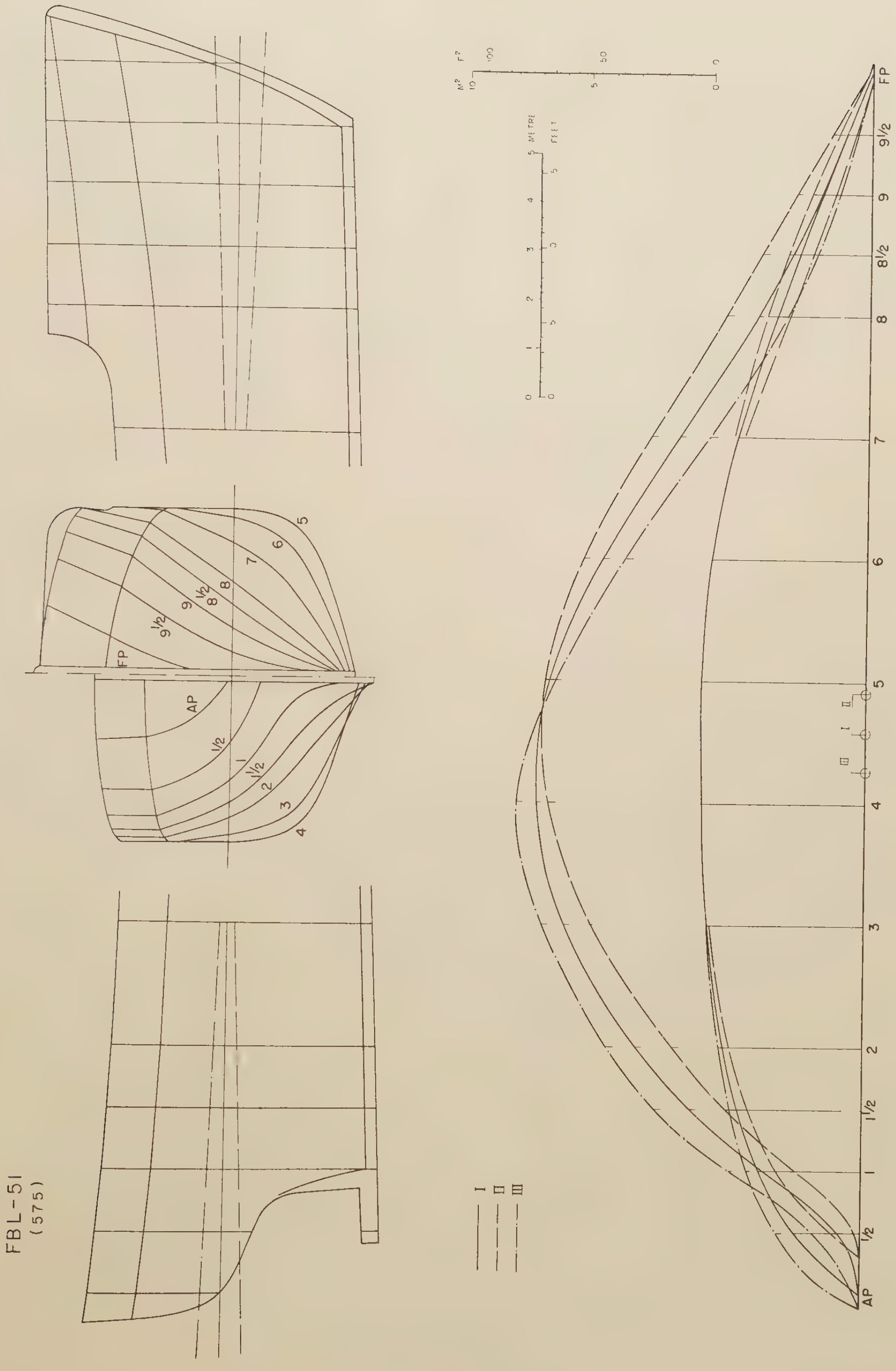
第 1 図 (c)


FBL-54B
(675B)
IV
V
VI
AP
1/2
1
1½
2
3
4
5
6
7
8
8½
9
9½
FP
METER
FEET

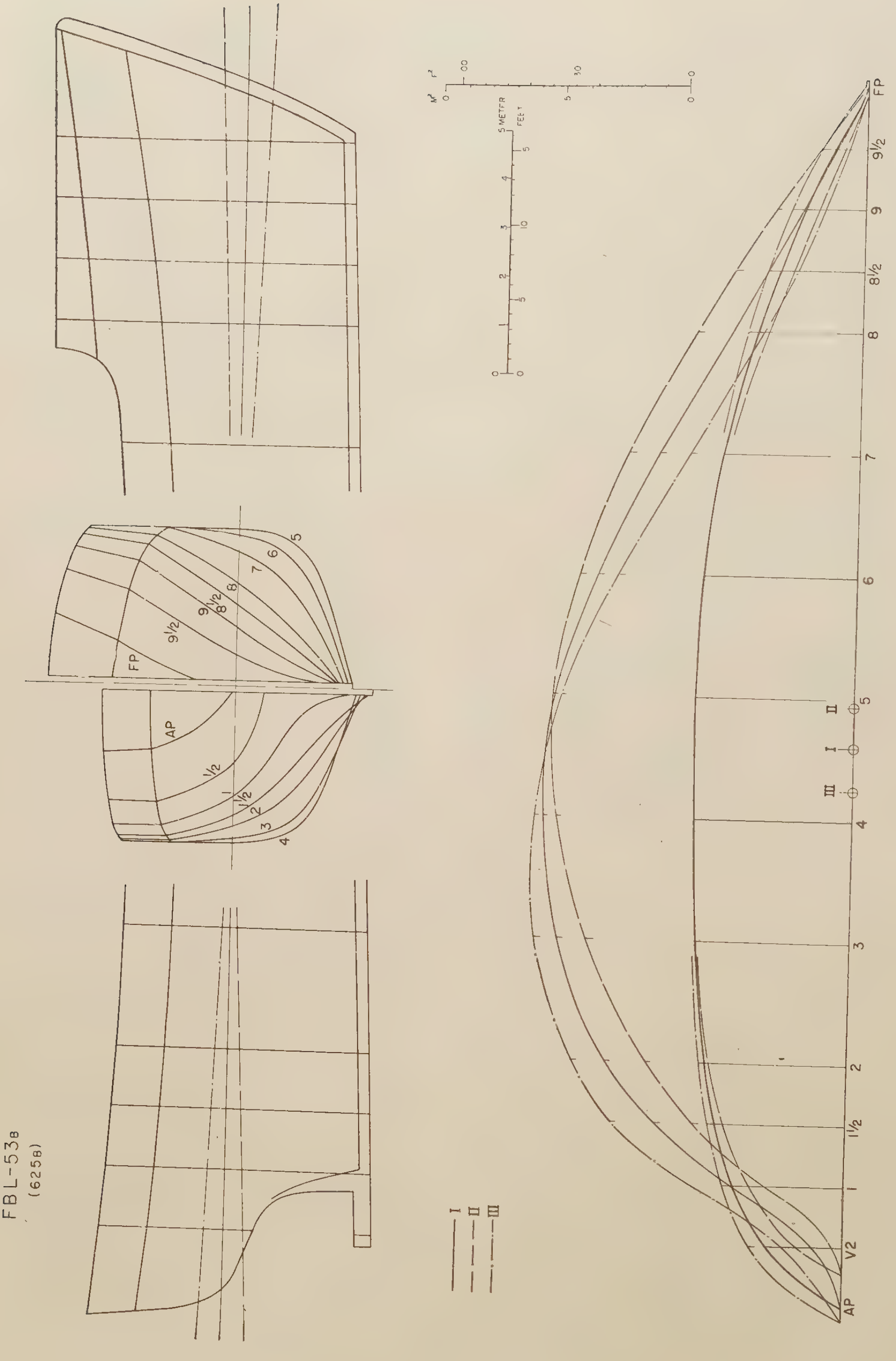
第 1 図 (d)


F 3L-52B
(525B)
I
II
III
AP
1/2
1
1 1/2
2
3
4
5
6
7
8
8 1/2
9
9 1/2
FP
FP
9 1/2
9
8 1/2
8
7
6
5
AP
1/2
1
1 1/2
2
3
4
III
I
II

第 1 図 (e)

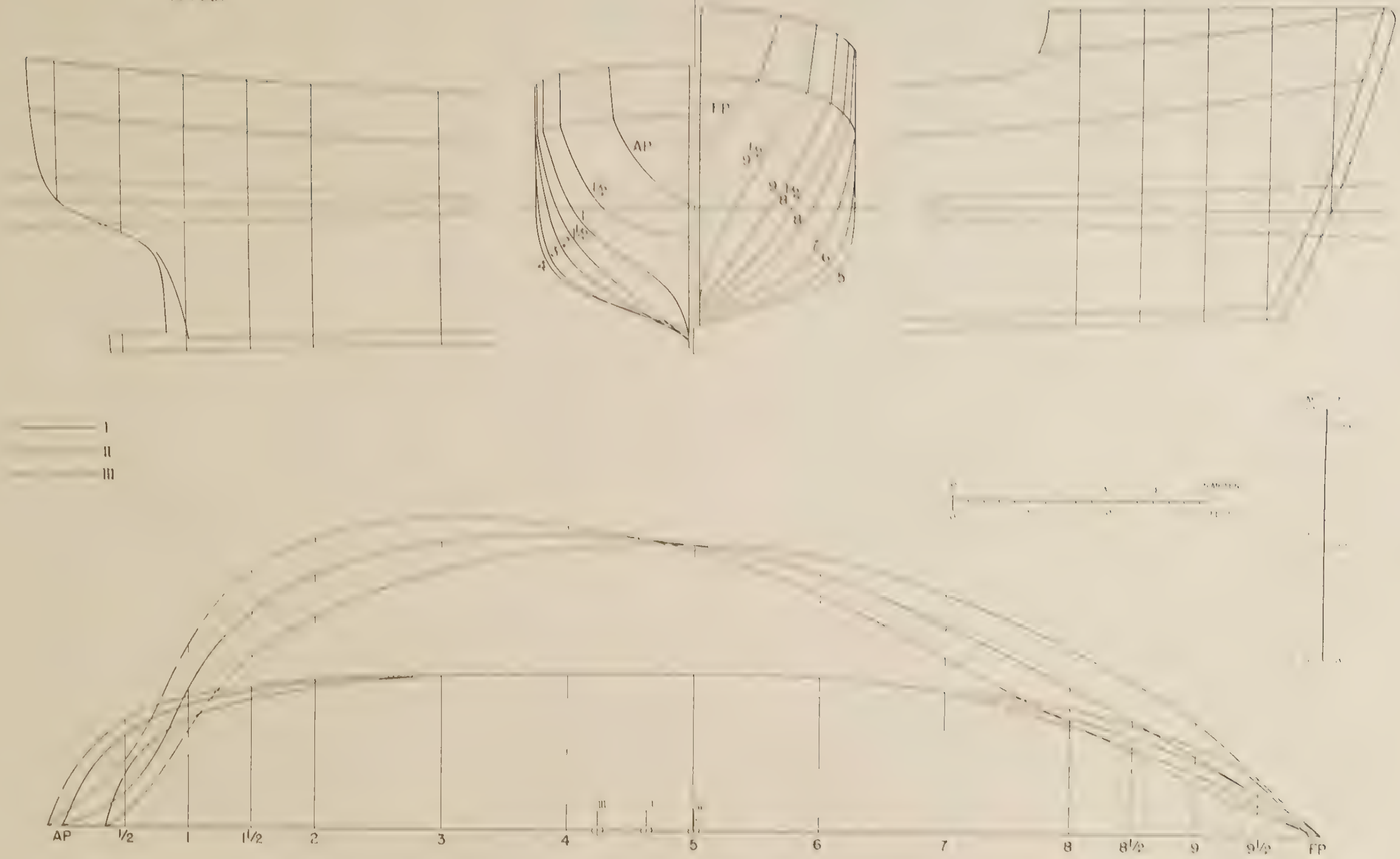

FBL-51
(575)
I
II
III
AP
½
1
1½
2
3
4
5
6
7
8
8½
9
9½
FP
M² F²
10 100
5 50
0 0
METRE
FEET
0
1
2
3
4
5

第 1 図 (f)


FBL-53B
(625B)
I
II
III
AP
1/2
1
1 1/2
2
3
4
5
6
7
8
8 1/2
9
9 1/2
FP
5 METER
FEET
M²
F²
III I II

第 1 図 (g)

FBL 54B
(675B)


AP
FP
I
II
III
AP
1/2
1
1½
2
3
4
5
6
7
8
8½
9
9½
FP

第 1 図 (h)

第2表

			I, V Designed	II Trim by bow	III Trim by stern	IV Light load	VI Deep load		I, V Designed	II Trim by bow	III Trim by stern	IV Light load	VI Deep load
525		L m	25.00	24.30	25.15	24.07	25.46	625	25.00	24.48	25.15	24.20	25.43
		B(max) m	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12		6.52	6.52	6.52	6.52	6.52
		T_{aft} m	3.37	2.91	3.78	2.98	3.81		3.11	2.64	3.53	2.74	3.55
		T m	2.85	2.86	2.80	2.46	3.30		2.63	2.65	2.59	2.26	3.07
		T_{fwd} m	2.32	2.82	1.82	1.94	2.78		2.15	2.65	1.65	1.78	2.59
		A_M (ord 4) m^2	14.75	14.01	14.83	11.82	17.71		12.41	11.98	12.86	10.09	15.34
		∇ m^3	193.75	193.75	193.75	150.00	250.00		193.75	193.75	193.75	150.00	250.00
		S m^2	195.0	196.0	193.0	173.0	221.0		190.0	191.0	188.0	168.0	215.0
	NON-DIMENSIONAL	t/L_{pp} %	+4.29	+1.40	+7.05	+4.42	+4.16		+3.90	+0.54	+7.27	+4.24	+3.75
		$L/\nabla^{1/3}$	4.320	4.199	4.346	4.530	4.042		4.320	4.231	4.346	4.554	4.037
		δ	0.415	0.426	0.421	0.392	0.449		0.495	0.504	0.501	0.468	0.531
		Φ	0.525	0.569	0.520	0.527	0.555		0.625	0.661	0.599	0.614	0.640
		L/B	3.511	3.413	3.528	3.381	3.566		3.834	3.755	3.857	3.712	3.900
		B/T	2.718	2.707	2.770	3.193	2.319		2.479	2.470	2.517	2.885	2.124
		$1/2\,\alpha_E$	18.2	15.7	14.0	13.9	23.0		28.1	32.5	24.0	24.0	35.5
575		L m	25.00	24.48	25.15	24.12	25.44	675	25.00	24.40	25.16	24.21	25.43
		B(max) m	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80		6.28	6.28	6.28	6.28	6.28
		T_{aft} m	3.23	2.78	3.64	2.86	3.67		3.00	2.52	3.42	2.63	3.43
		T m	2.73	2.76	2.69	2.36	3.17		2.54	2.55	2.50	2.17	2.97
		T_{fwd} m	2.23	2.73	1.73	1.86	2.67		2.08	2.58	1.58	1.71	2.51
		A_M (ord 4) m^2	13.478	13.01	13.80	11.00	16.49		11.49	11.20	12.03	9.39	14.43
		∇ m^3	193.75	193.75	193.75	150.00	250.00		193.75	193.75	193.75	150.00	250.00
		S m^2	193.0	195.0	192.0	173.0	218.0		186.0	187.0	185.0	165.0	211.0
	NON-DIMENSIONAL	t/L_{pp} %	+4.14	+0.89	+7.24	+4.42	+3.86		+3.64	−0.07	+7.54	+3.76	+3.38
		$L/\nabla^{1'3}$	4.32	4.23	4.35	4.54	4.04		4.320	4.217	4.348	4.556	4.037
		δ	0.456	0.461	0.461	0.430	0.491		0.534	0.545	0.540	0.509	0.571
		Φ	0.575	0.608	0.558	0.565	0.596		0.675	0.709	0.640	0.659	0.680
		L/B	3.68	3.60	3.70	3.55	3.74		3.981	3.885	4.006	3.855	4.049
		B/T	2.72	2.69	2.77	3.20	2.31		2.472	2.463	2.512	2.894	2.114
		$1/2\,\alpha_E$	22.0	26.5	16.0	17.4	27.0		38.0	40.0	23.0	34.0	43.0

L : water line length

B : extream breadth

T : draft

A_M : sectional area at St. 4

∇ : displaced volume

S : wetted surface

t : trim

δ : block coefficient

Φ : prismatic coefficient

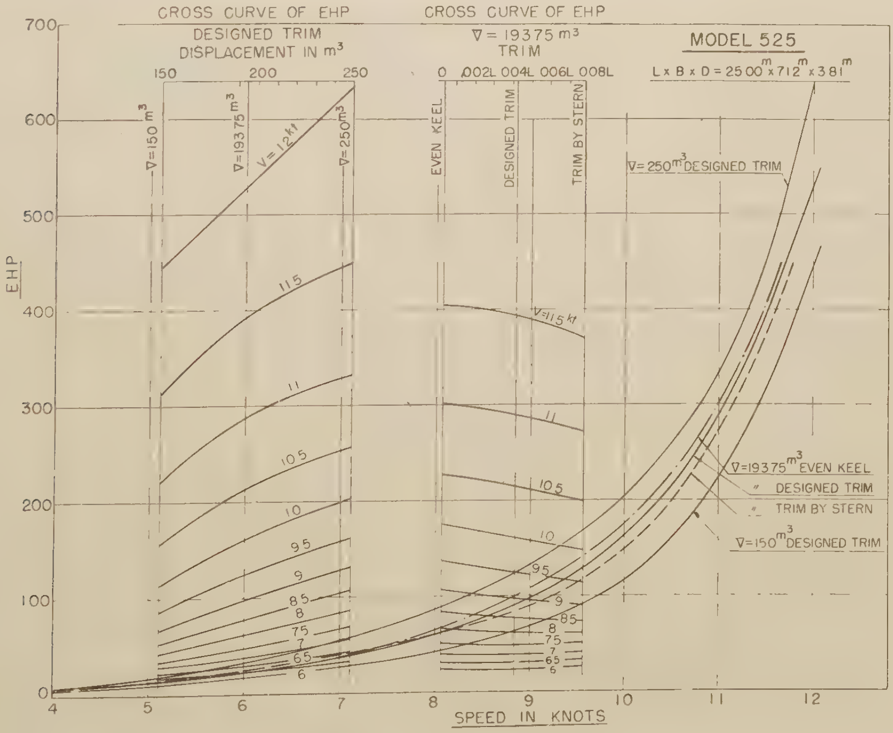
α_E : entrance angle of load water line

2. 試験要領

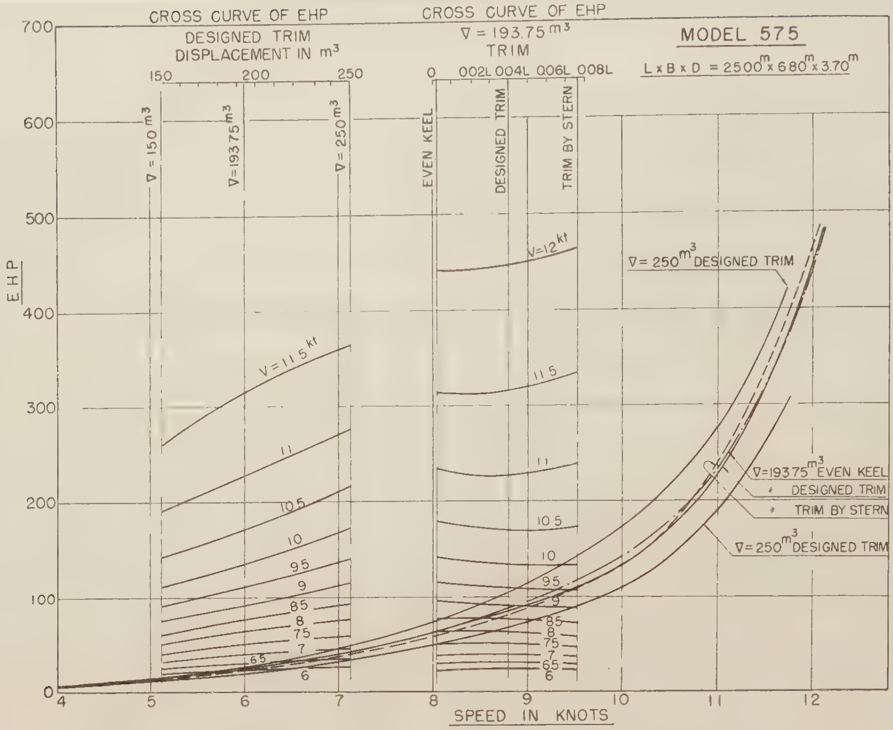
模型は水線長2米の木製ラツカー塗粧で、擾流促進の為前回と同様ピンを取付けた。模型線図は第 1a—1h 図の通りである。水槽は月島水槽 65米×4米×2米 で、この天秤の感度が不十分な為に低速部の試験には特に苦労した。試験状態は第2表の通りで、計画満載状態（194立方米）に於いてトリムを3種選び、又計画トリムに於いて軽荷（150立方米）、超満載（250立方米）の状態を追加し都合5種の状態で各船共曳航した。その他の詳細については前回と全く同様である。

3. 試験成績

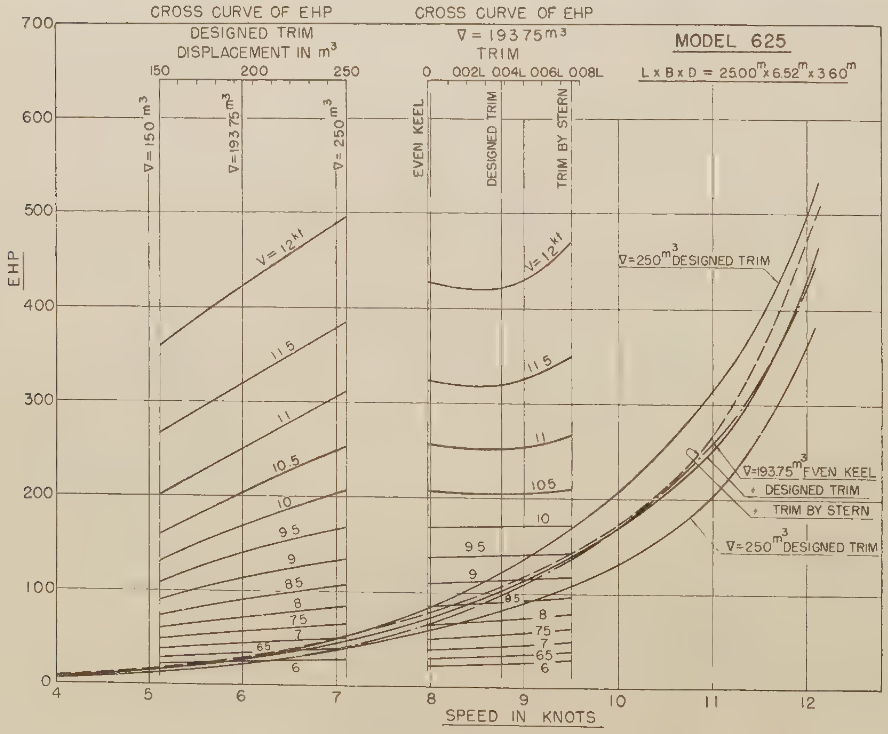
試験成績は第 2a—2d 図に示す通りで、有効馬力 *EHP* は速力、トリム、排水量をベースとして交叉曲線の形で示してある。姉妹船相互を比較する為に、此等の内から特定状態のものを拾ひ出して柱肥瘠係数 *Φ* をベースとして示すと第 3a—3b 図の様になる。本図を前回の幾何模型群の成績第 13～15 図と比較すると *Φ*=.575 の母型は全く同一であるが、姉妹船は何れも今回の実用模型群の方が大きく、計画状態に於ける増加割合を各模型について示すと第3表の様



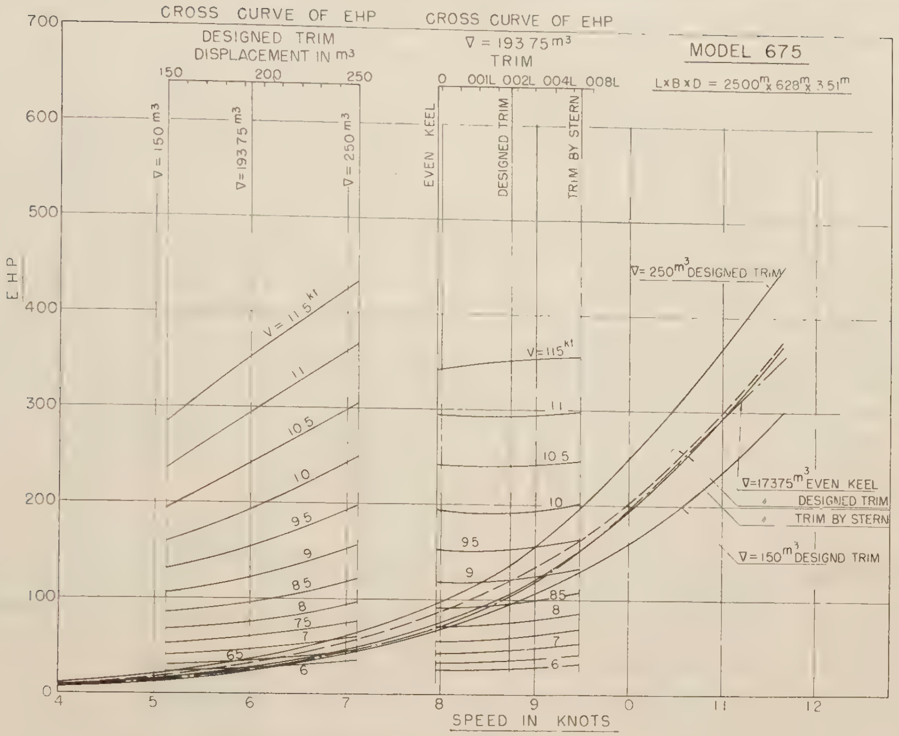
第 2 図 (a)


CROSS CURVE OF EHP
DESIGNED TRIM
DISPLACEMENT IN m3
150
200
250
CROSS CURVE OF EHP
∇ = 193.75 m3
TRIM
0
002L
004L
006L
008L
MODEL 575
L x B x D = 25.00m x 6.80m x 3.70m
∇ = 150 m3
∇ = 193.75 m3
∇ = 250 m3
EVEN KEEL
DESIGNED TRIM
TRIM BY STERN
V = 12 kt
V = 11.5 kt
11.5
11
10.5
10
9.5
9
8.5
8
7.5
7
6.5
6
∇ = 250 m3 DESIGNED TRIM
∇ = 193.75 m3 EVEN KEEL
DESIGNED TRIM
TRIM BY STERN
∇ = 250 m3 DESIGNED TRIM
EHP
700
600
500
400
300
200
100
0
4
5
6
7
8
9
10
11
12
SPEED IN KNOTS

第 2 図 (b)


CROSS CURVE OF EHP
DESIGNED TRIM
DISPLACEMENT IN m3
150
200
250
CROSS CURVE OF EHP
∇ = 193.75 m3
TRIM
0
002L
004L
006L
008L
MODEL 625
L x B x D = 25.00m x 6.52m x 3.60m
∇ = 150 m3
∇ = 193.75 m3
∇ = 250 m3
EVEN KEEL
DESIGNED TRIM
TRIM BY STERN
V = 12 kt
11.5
11
10.5
10
9.5
9
8.5
8
7.5
7
6.5
6
∇ = 250 m3 DESIGNED TRIM
∇ = 193.75 m3 EVEN KEEL
DESIGNED TRIM
TRIM BY STERN
∇ = 250 m3 DESIGNED TRIM
EHP
700
600
500
400
300
200
100
0
4
5
6
7
8
9
10
11
12
SPEED IN KNOTS

第 2 図 (c)



第 2 図 (d)

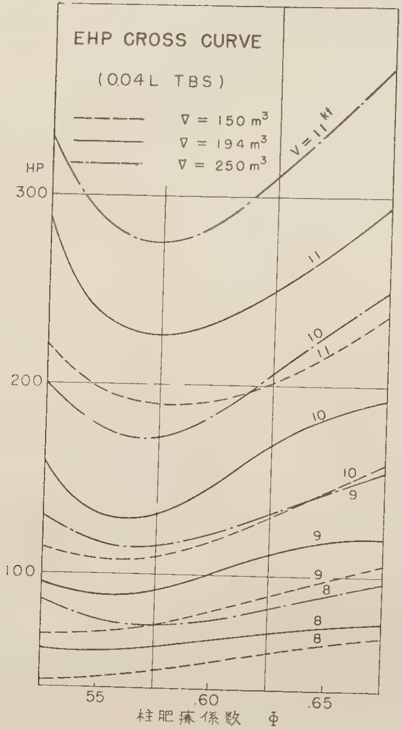
になる。この差異については判然とした説明は出来ないが、625, 675 の両模型は艏艉の水線下形状は今回の方が肥つて居り、附録にのべる様に形状抵抗の差が大きい為と思われる。

第 3 表

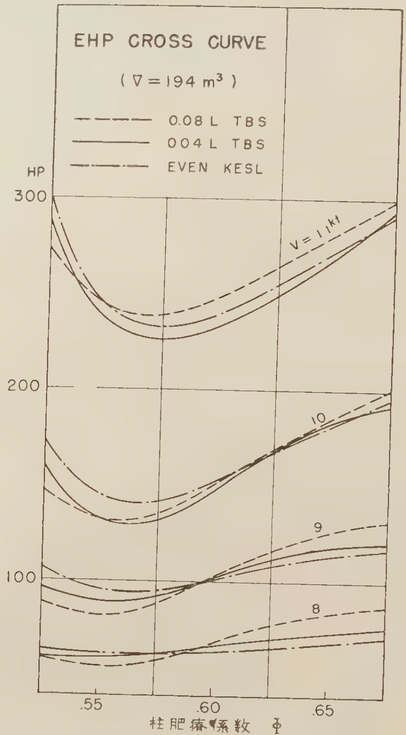
速　力	(kt)	8	9	10	11
5 2 5	(%)	5	10	18	13
6 2 5	(%)	15	12	14	11
6 7 5	(%)	12	14	13	11

前回と同様最適柱肥瘠係数 Φ_0 即ち有効馬力が $EHP_{\min}+0.5\%$ なる Φ の範囲を速力をベースとして求めると第 4a 図の様になり、これを前回の第 18 図と比較すると第 4b 図の様になる。Φ_0 の範囲は前回より稍々狭いが、超満載状態を除いて略一致している。超満載状態では $\Phi=.525$ の実用船型の抵抗値が大きい為に前回よりも低速部の Φ_0 が高くなつている。然し第4b図の通り Φ の最適値は 0.55~0.60 の間にあり、速力と共に高くなる模様である。

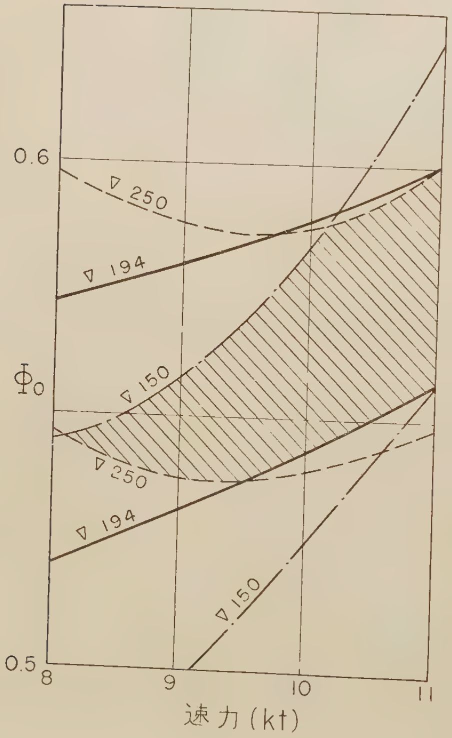
最小 EHP と今回の試験範囲の両端である 525 と 675 の EHP の差は、計画状態に於いては第 4 表の様になる。本表から見ると Φ の選び方と水線下形状の適否により抵抗値に 30% 以上の差がある場合もあることを示している。



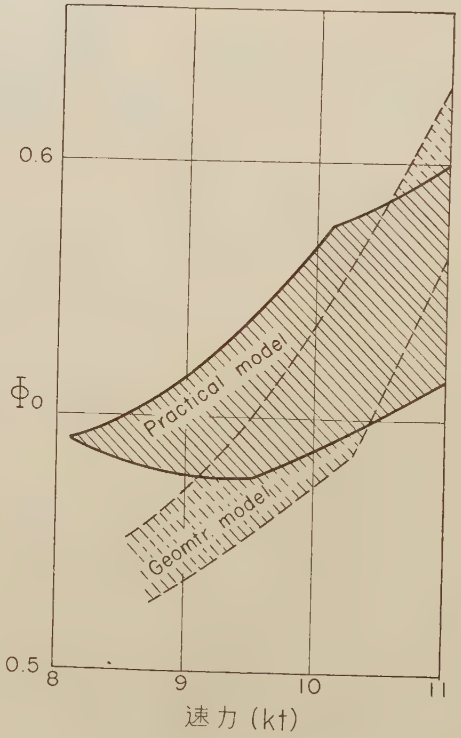
第 3 図 (a)



第 3 図 (b)



第 4 図 (a)



第 4 図 (b)

第 4 表

	速力 (kt)		8	9	10	11
Practical model	525	(%)	3	9	21	29
	675	(%)	31	36	45	30
Geomtr. model	525	(%)	—	0	5	16
	675	(%)	—	21	31	20

トリムによる差異は 10% 以外であるが 10 節以上の高速部では計画トリム (0.04 L 艉トリム) がよく、これよりも低速部では $\Phi=0.6$ を境として、これ以下では更に艉トリムさせた方が良く $\Phi>0.6$ では艏トリムの方が稍々有利な様である。

4. むすび

前回に引続き模型の一部を改造して同様の試験を行なつたが、捕鯨船を除く通常の漁船の計画速力に相当する速力までの範囲では柱肥瘠係数を 0.55～0.60 の間に選ぶことにより、抵抗を最小に保ち得ることが判つた。この結論を更に他の船型にも及ぼし得るかどうかは今後検討する必要があるが、漁船に於いては従来此の点が閑却され Full な船型になりつつある現状にあつて、有益な警告になれば幸いと思う。前回同様実験に昼夜を分けず奮斗した松木技官以下の研究員と模型の改造に協力された長嶋氏に深く謝意を表する。

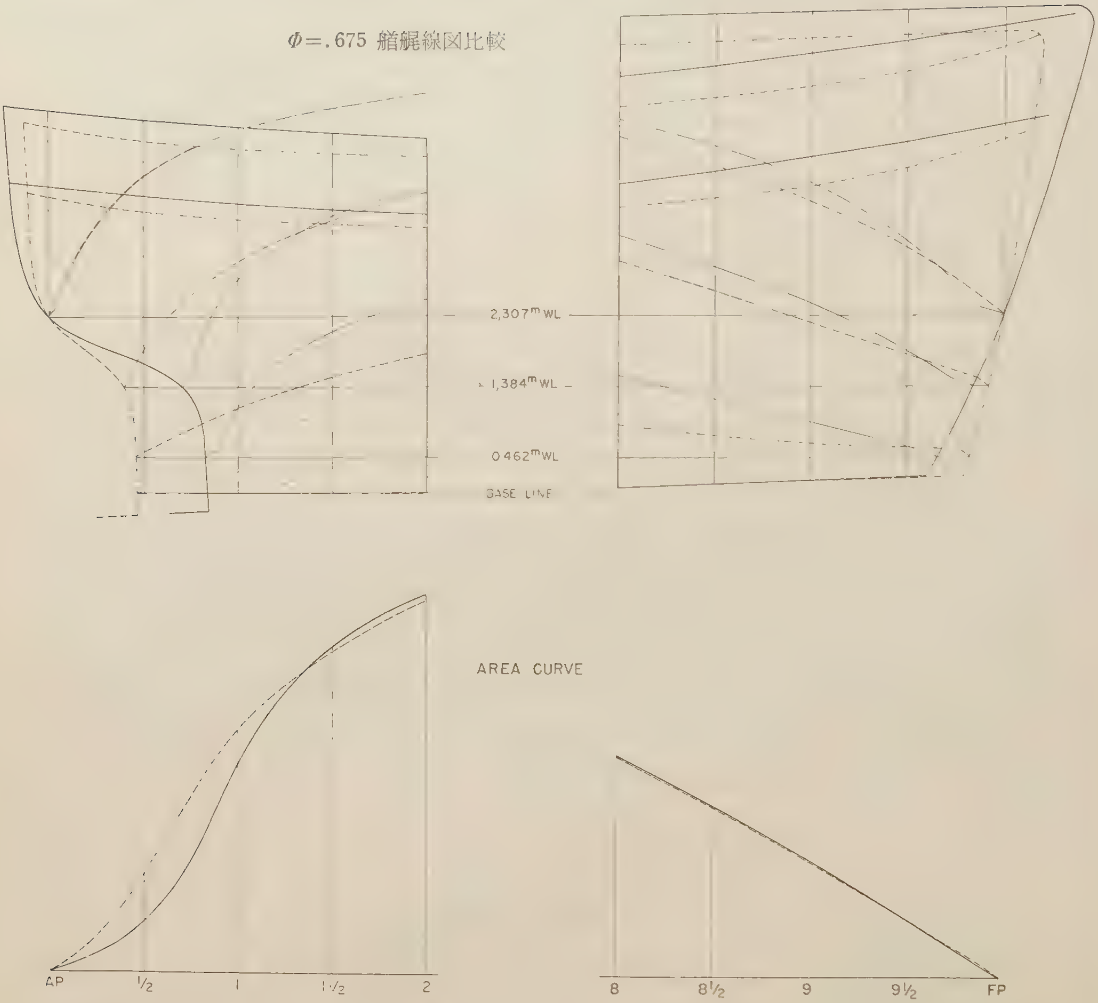
〔補遺〕

1. 模型の改造

技報 12 号に於いて詳述した通り、前回のものはキールを直線とした以外は出来るだけ Lackenby の変型法に忠実に行なつた。かくすると船首材の傾斜、推進器の位置及び艏艉材、キールの寸法まで系統的に変化して終う。この為に実用船の実感から外れて終うと考えて、側面形状即ち船体中央部縦断面の形状を母型と全く同一になる様に前後部の水線を修正した。即ち第 5 図の様に AP—St. 3 及び St. 7—FP の間を変えた。かくして変化した点を例挙すると第 5 表の様になる。

第 5 表

	525	625	675
船首材水線下	前方に出る	後方に引込む	後方に引込む
船尾材水線下	後方に出る	前方に引込む	前方に引込む
吃水	←────	不変	────→
艏艉水線下水線	瘠せる	膨む	膨む
乾舷	低くする	高くする	高くする



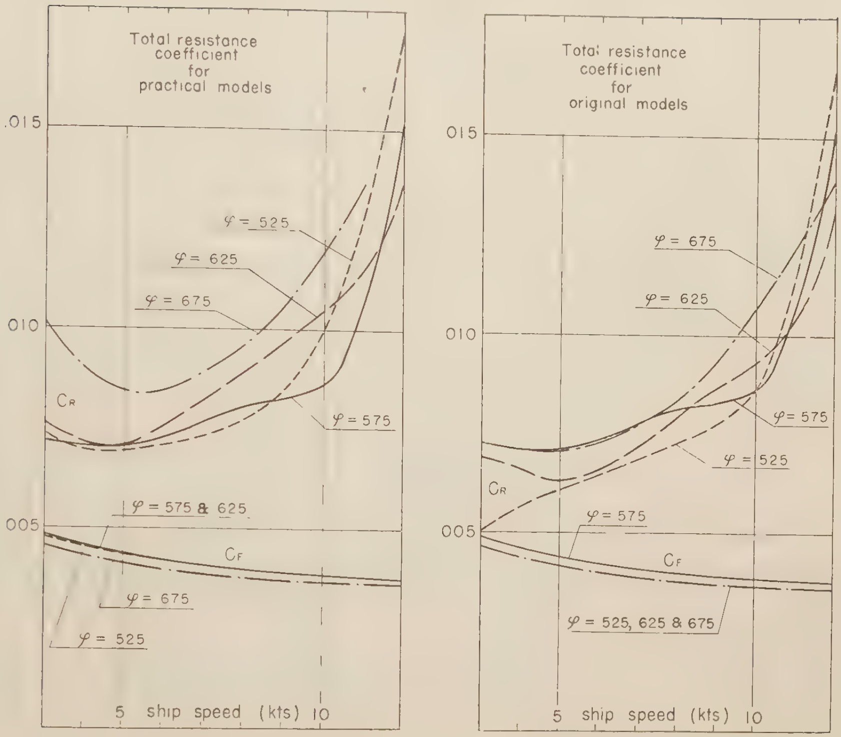
$\Phi=.675$ 艏艉線図比較

2,307m WL
1,384m WL
0.462m WL
BASE LINE
AREA CURVE
AP
1/2
1
1 1/2
2
8
8 1/2
9
9 1/2
FP

第 5 図

2. 抵抗試験

乱流促進方法及びその効果は母型 $\Phi=.575$ の模型については前回に報告した通りであるが、その他の模型については検討しなかつた。今測定結果を温度 15°C に於ける全抵抗係数に換算して船の速力をベースとして表はすと第 6 図の様になる。この内幾何模型の $\Phi=.525$ は低速部分で遷移領域に入つていることが判つた。その他は何れも略実験範囲では目的を達していると思はれる。但し何れも低速領域の点は不安定でバラ付きが多い為、その後実験を慎重に行ない、水槽水の人工攪拌・高速のアイドル航走を数回行なつた後低速試験を実施する等の方法で行なつているので次回に報告する予定である。



第 6 図

低速部の実験精度は不満であるが、今回の実験成績に基いて Hughes の方法に倣つて形状係数を求めて見た。即ち

$$C_R = C_W + rC_{F\ \mathit{Schoenherr}}$$

C_R＝全抵抗係数
C_W＝造波抵抗係数
C_F＝平板摩擦抵抗係数
r＝形状係数

各模型間の浸水面積の差は幾何模型相互間では 2% 以内、実用模型相互間では 5% 以内である。然乍ら形状係数の差は実用模型群の方が大きく母型を 1 とした場合下表の様になつている。Φ=.675 の改造が如何に抵抗増加を斉したかが判る。

第 6 表

	625	675
Geometrical model	−1%	+7%
Practical model	+3%	+35%

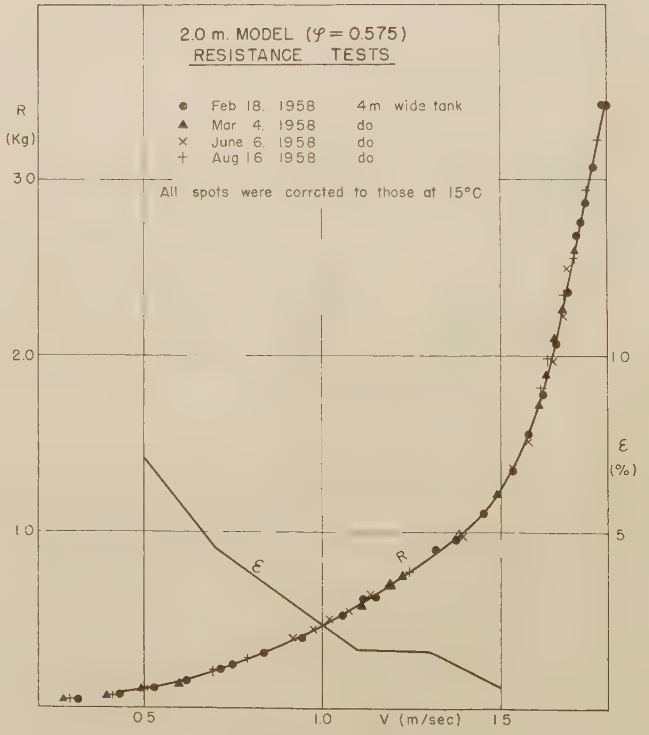
3. 追加試験

側壁影響については前回にも触れたが、ビクトリー号及び谷口氏の実験式によると $\Phi=.575$ の母型で a/A は 1.08% で数%に達する可成り大きい影響がある筈であるから、此の2米模型を運研目白の大水槽に於いて a/A=0.15% の状態で実験を行ない、又3米の相似模型による実験も同水槽で行なつた。然し乍ら抵抗の測定法が異り慎重な低速試験を繰返し行ない得なかつた為に、側壁影響と思はれる差が得られず、寧ろ a/A=1.08% の方が最小に出る位であつたので側壁の修正は今回は行なはないことにした。

$\Phi=.525$ の幾何模型は前述の様に乱流促進が不十分であつた為、性能比較が出来なかつた。試に有効馬力を較べて見ると 625, 675 同様に実用模型よりも少なく出ている。然し前記第5表の通り改造後は艏艉は Fine になつているので抵抗増加の原因を把むことが出来なかつたので、その後パラフィン模型を作り、抵抗試験を再度繰返して見た。目下解析中で厳密な比較は出来ないが、3kt 附近まで乱流を維持することが出来た模様で、全般的に 2~3% 高い抵抗値を示しているが、改造後の値に達する程ではない。此の点更に試験を繰返し次回に報告すると共に前号の成績の一部を修正する予定である。

4. 実験誤差

実験誤差については天秤の感度と電車の速度変動及び水の状態と実験技術にある。当室の水槽では電車の速度制禦を行なつていない為に、この誤差を算出して見ると、3kt の実験速度で 7%, 10kt で 1% 程度になる。従つて 7kt 以下の低速部の実験の精度には信を置き難い。そこで 575 の母型について2月から8月に亘つて4回日を違えて同一状態で曳航試験を行ない、抵抗値を 15°C に換算したものを示すと第7図の様になり、各点のバラ付きを表はす標準偏差 ε をとつて見ると第7図の様になつた。目下天秤の精度を改善し、電車の速度制禦を行なろべく検討中である。



第　7　図

木造小型トロール漁船の自航試験

横山信立　今成栄一

Self-propulsion Test with European Wooden Small Trawler Models

Nobutatsu YOKOYAMA and Eiichi IMANARI

ABSTRACT

This paper presents the results of self-propulsion test which is one of the FAO programmes for the design of wooden small trawler. The experimented models are the same as the modified practical models in the foregoing test. The optimum propeller was not specially made but a common propeller of suitable diameter to the hulls was used as a wake meter, the characteristics of which had already been found out by the test with a similar one of sufficient scale. The experiment consists of the following tests.

1. Propeller Open Test

   A model propeller of 145 mm. dia. was used through the test with all four models. The result of the similar model of 220 mm. dia. in 8 revolutions per second had already obtained in a larger tank. Almost the same open test results with the smaller model (16 rev. per sec.) as with the larger one was used in the analysis, and the details are given in Fig. 5.

2. Wake Test

   Five concentric blade wheels were used for the nominal wake measurement to verify the self propulsion analysis, and these were hold through the rudder. The results are shown in fig. 6 together with those of effective wake obtained from the self-propulsion analysis.

3. Model and condition

   All models were tested with stimulators and rudder. Thrust, torque and revolution of the proppeller shaft were measured with a magneto-striction dynamometer; and trim and sinkage were recorded with a pantograph. In every run friction correction pull (Schoenherr line) was applied.

4. Analysis

   The obtained measurements were analysed according to the method of thrust-identity. The method of calculations is put in order in the page 19.

5. Self-propulsion Result

All coefficients necessary for the analysis of propulsion efficiciency are summerized in fig. 1–2 and cross curves of *ehp* and *shp* on the base of Φ are in fig. 3. In those illustrations .675′ and the mark of ◦ are for the previous geometrical model of $\varphi=.675$ before modification.

The results for the lower speed than 6 kts. may not be relied on presumably because of scale effect. In the range above 6 kts. the higher prismatic models give the lower propulsive coefficient and this may be resulted in by the greater incease of thrust deduction fraction than that of wake factor. In comparison between .675′ and .675 sharp end model gives 7–10% higher PC than full end model and also this may be braught about by lower thrust deduction against a little higher wake.

As a result not only in resistance of ship but also in propulsion lower prismatic hull, $\Phi<0.6$, is experimentally proved to be more efficient. And full end model is found occasionally to be unfavorable.

目次

1. 概要
2. 試験方法
3. 試験成績
4. むすび
〔補遺〕
1. 自航試験装置
2. 推進器
3. 伴流試験
4. 解析方法

1. 概要

水の抵抗の少い船型は模型船の曳航試験によつて選定出来るが、船として一定の速力で走る為には、此れを成るべく少い馬力で推進する必要がある。即ち推進効率がよいかどうかを検討する為に、模型船に推進器自航装置を取付けて推力・トルク・回転数を計測して伴流率・推力減少率・推進器効率比・軸馬力を求め、他方推進器の単独試験を行つて推進器の効率及び性能を試験するのである。

前文で取扱つた木造小型トロール船の実用型模型4隻について以上の試験を行つた結果について報告する。但し今回は模型推進器は各船個有のものを用いず、単に各船型の伴流率その他の船後性能を表はす諸要素を求める為の測定手段として便宜のものを選び、夫々個有の推進器の試験は省略して適宜既刊図表によることとした。

試験結果によると柱肥瘠係数 Φ が 0.6 以下特に $\Phi=0.55$ 附近の船型の処要軸馬力 SHP が圧到的に少く、速力9節では $\Phi=0.675$ の船型の如きは2倍以上の SHP を必要としていることを示している。推進性能を表わす推進効率即ち、EHP/SHP の比でも $\Phi=0.55$ では約 57% であるが、$\Phi=0.675$ では 32% であるから、Full な船型は EHP が過大である許りでなく、推進性能も悪く、推進器が ⅓ 程度の有効な働きしか出来ない状態にあることを示している。尤もこの模型は実用船型に改造するに当つて船艉水線形状が極端に blunt で推進器への水の供給に好ましくない形状であることは容易に予想されるから、実際の設計にあたつては此の部分は可成り改善出来る筈である。その証拠として船後で推進器を作動させた時の推力減少率が50%以上に及び、伴流率の増加がそれ程でもない為に、船殻効率が他の模型よりも遙に低くなつている。このことは、幾何模型群を実用型に改造する際に 675 の模型だけについて参考の為に予備試験的な自航試験を行つて置いたので、これと改造後のものとを比較すると後者の方が軸馬力で 40% 以上大きく、如何に改造の影響が大きいかが判る。

従つて推進性能を比較すると、形の上では船型性能試験の場合と同様に $\Phi<0.6$ とする方が有利であると云える。又上述の様に船尾水線形状の影響も極度に大きいことも判つたので、推進器の水の流入を容易にする様に留意すべきで、此に関連して船尾材の断面形状等についても同様な考慮が必要なのではないかと思われる。

2. 試験方法

模型船は前章の実用型模型群4隻で、計画状態だけについて試験した。船体には推進器及び舵が取付けられ、又乱流促進の為のピンも取付けた儘である。自航試験器の詳細は「補遺」に記載してあるが、磁歪式のもので、電動機により駆動され、縦傾斜及び沈下量の変動はパンタグラフにより直接記録した。

試験速力の範囲は25米の実船に換算して 3 kt. から 9 kt. の間で、摩擦抵抗の修正だけを行つた。具体的な試験要領は曳航車と模型を併行して運転せしめ、両者が前後する相対位置の変化を時刻と共に記録して曳航車の速力に模型船の遅れ又はすすみを修正した。各試験速力に対して夫々、摩擦修正の為の引張力を重錘により与え、当該速力を挟んで 2–3 回実験を繰返し乍ら点を求めた。測定事項は回転数・トルク・推力・縦傾斜・上下変動・速力等である。

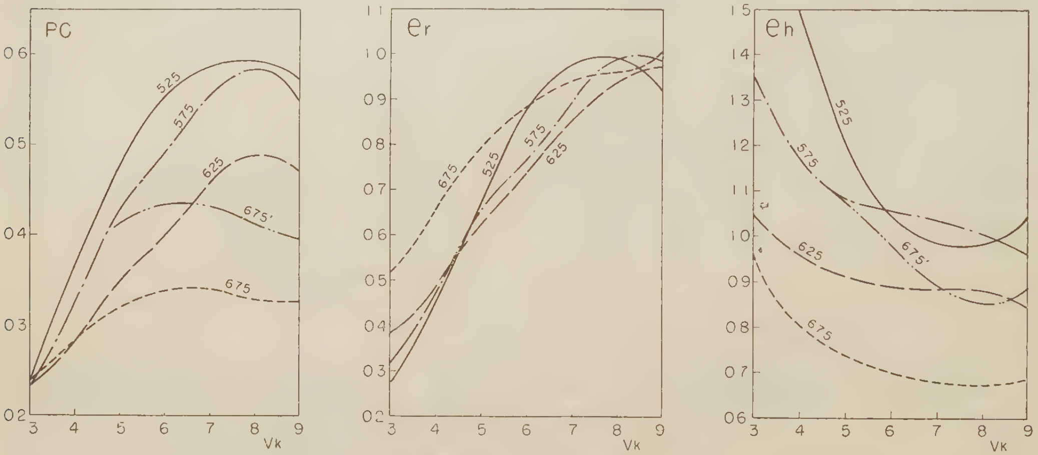
推進器単独の試験は専用の模型船の中に自航試験機を入れ、推進器を模型船の前方に取付けて試験した。今回の模型推進器の直径は 145 粍で、単独試験は回転数を数種類変えて行つたが、毎秒 16 回転以上の場合が相似大型模型の結果と略一致するので、此の成績を自航試験の解析に用いた。

模型推進器を船後で作動させた時、船後の水流条件が、単独試験の時の水流条件と同一かどうかの点について、小型模型試験では疑問を持たれるので、更に推進器を取除き、この位置に

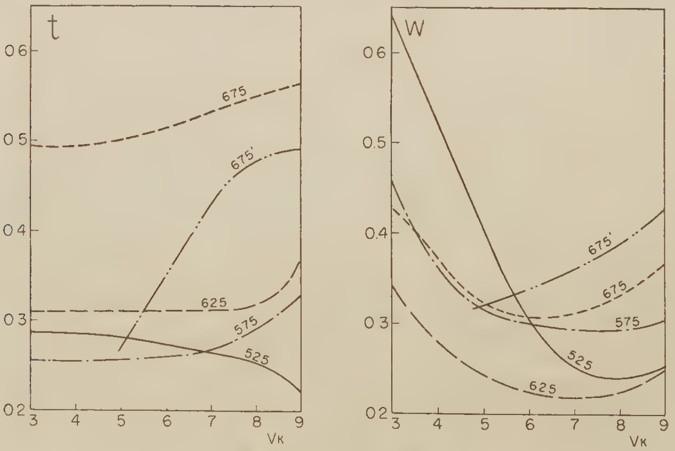
特に製作した翼車伴流計を取付けて、各模型の船尾の流速の平均値（公称伴流）を求め、前記の推進器による自航試験結果から求めた伴流（有効伴流）との比較を行つた。この結果は前者の方が 10% 程低いが、両者は $\Phi=.525$ を除いて殆んど平行して変動して居り、推進器の作動状況は略々満足すべきものと推定される。

3. 試験成績

試験の解析法は附録で述べてある通りで、謂所推力一致法により諸係数を求めた。前述の通り推進器は各模型について最適推進器ではないので、回転数及び推進器効率については（従つて推進効率についても）夫々の個有推進器によつて多少異る筈であるが、その他の係数は推進器の直径が特に違わない限り余り変らぬものと見做した†。



第 1 図



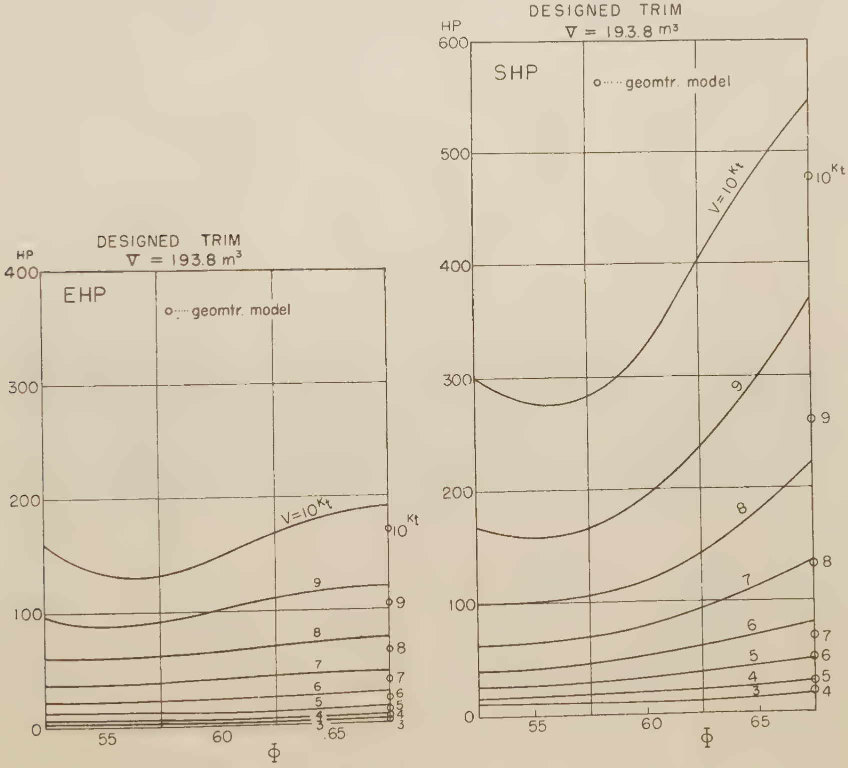
第 2 図

---

† Murray, Korvin-Kroukovsky, Lewis: Self-Propultion Tests with Small Models, SNAME 1951.

推進効率、船殻効率、推進器効率比は第1図の通りであり、推力減少率、有効伴流は第2図の通りである。尚図中に 675′ とあるのは $\Phi=.675$ の改造前の幾何模型の成績である。又各模型との比較を容易にする為、第3図に Φ と軸馬力及び有効馬力の曲線を示した。

推進効率 PC は6 kt. 以下の低速部が何れの模型でも急激に低くなつて居り、理由はよく判らないが、流体の物理的性質の相似性が保たれない縮尺影響に起因するものと思われるので、小型模型による限界とも考えられ、この範囲の成績については一応信を置き難いものと見做すべきである。従つてこれは他の諸係数についても同様と判断される。



第 3 図

そこで6 kt. 以上の成績について見ると、$\Phi=.675$ の模型の PC は $\Phi=.525$ の6割以下になつている。これを分析して見ると推進器効率比 e_r は模型相互に余り変動はなく、推進器効率 e_p は $\Phi=.675$ が他よりも1割位下るだけで、大部分の差は船殻効率 e_h でつけられている。この差は3割以上であつて、更にこれを分けて調べると推力減少率 t が $\Phi=.675$ は .525 に比べて2倍近くあり、此に反して伴流率 w が4割程度の増加に留つていることにある。又改造前の $\Phi=.675'$ の PC は改造後のものより 7~10% 程度高く、この主因は t が 10% 程度低く、w が逆に 3~6% 高い為に e_h が高くなつていることにある。従つて船尾端の水線下形状を full

にすると伴流は増加せず却て減少することもあり、他方推力減少率の増加の方が非常に大きいことを意味している。

4. むすび

以上系統模型の自航試験の結果について報告した。偶然かも知れないが、抵抗試験に於ても有利な低 prisma の船型が、推進性能に於ても優良であり、又船首尾端に於ける水線下の断面形状の肥瘠が、抵抗試験の場合同様大きな影響があることが確認された。この点前章と同様漁船の設計を検討する資料となれば幸甚である。以上の実験に引続き波の中の航走試験も実施しているので次回に報告する予定である。尚此等一連の試験に関して報告の自由を許諾された国連 FAO の Jan-Olof Traung 氏及び自航試験器の試作改善に甚力された運輸技術研究所荒木研究室長・安積研究室長並びに山口機器研究所長に対し謝意を表する。

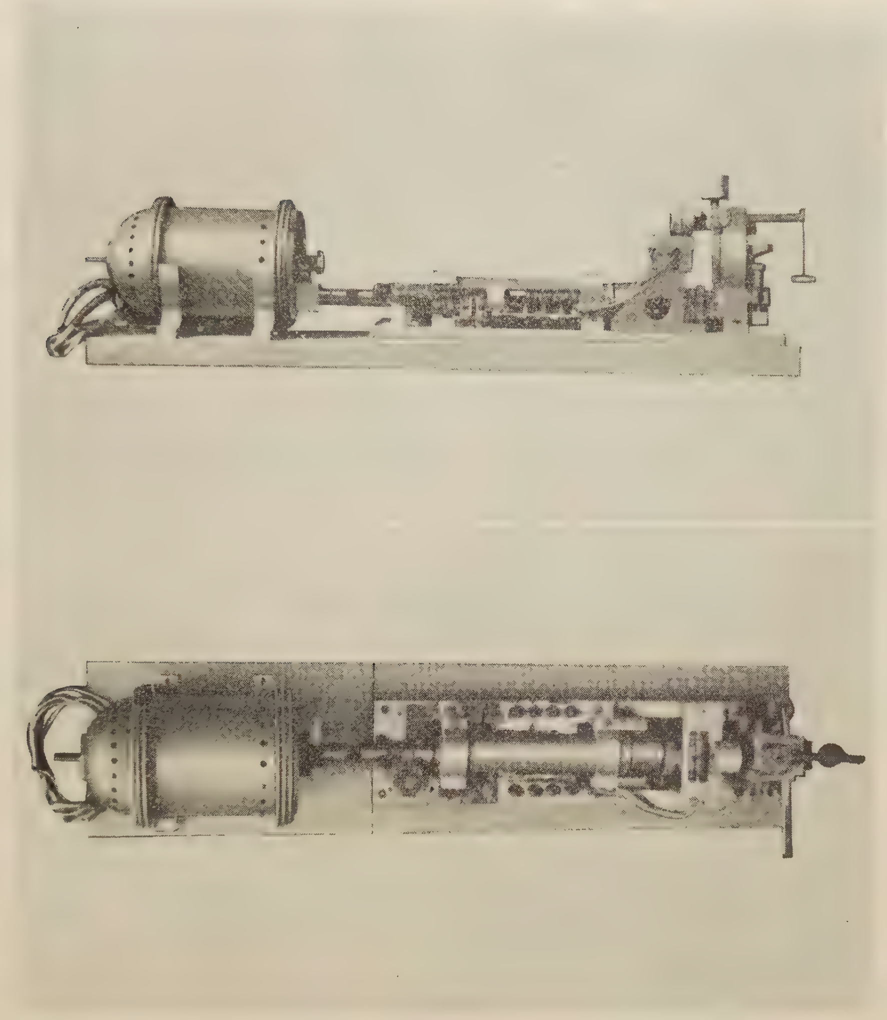
〔補遺〕

1. 自航試験装置

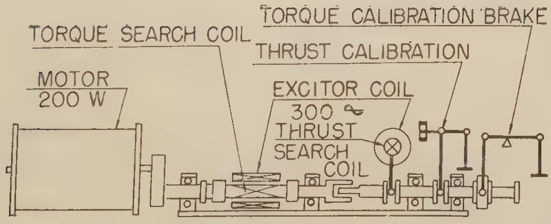
小型模型船用の自航試験機は未だ各方面で試作の段階であつて、標準的な機械は出来て居らない。今回用いたものは、実は此の種の装置としては終戦後各研究所にさきがけて試作したものであつて、当初感度や特性に不十分な点があつた。その後運輸技術研究所安積研究室及び山口機器研究所に依頼して改良し、更に筆者等が、振動その他の特性を改善して、やつと実験に供し得る様になつたものである。

外観は第4図の写真の通りで、機構は同説明図の通りである。即ち推進軸のトルクは駆動用電動機（¼馬力）と中間軸の間に直接挿入された磁歪管からスリツプリングを介して取出し、推力は中間軸に設けられた“つば”を磁歪管の腕で直接支えて取出している。この推力受とトルク計測部の間には推力逃げ機構が挿入されている。較正法は推進軸をレバーを介して重錘で押して推力磁歪管の出力を検定し、又トルクの検定は常に潤滑された石綿を介してブレーキを締付けて行つている。

磁歪管の一次電流は 300 Cycle のインバーターにより供給され、二次の出力電流は 6F6 一段の増巾器を経て整流の後ペン書オツシログラフに自記される。計測範囲は推力は 0.3–2kg，トルクは 0.2–5kg·cm の間である。此の動力計はインバーターの周波数及び電圧の変動の影響を受け易いので、此の監視に注意すれば、2時間内外の実験には温度変化その他の影響は極めて少なかつた。此の機構の欠点としては、トルク磁歪管を直接シヤフトの間に挿入した為に、バイアス・トルクを与えて出力の直線性を保つことが出来ず、特性の湾曲部をも使うことになることである。此の為入力に振動を拾はない様に機械的緩衝装置を前後に挿入して極力此れを防



第　4　図　(A)


TORQUE CALIBRATION BRAKE
TORQUE SEARCH COIL
THRUST CALIBRATION
MOTOR
200 W
EXCITOR COIL
300 ~
THRUST
SEARCH
COIL

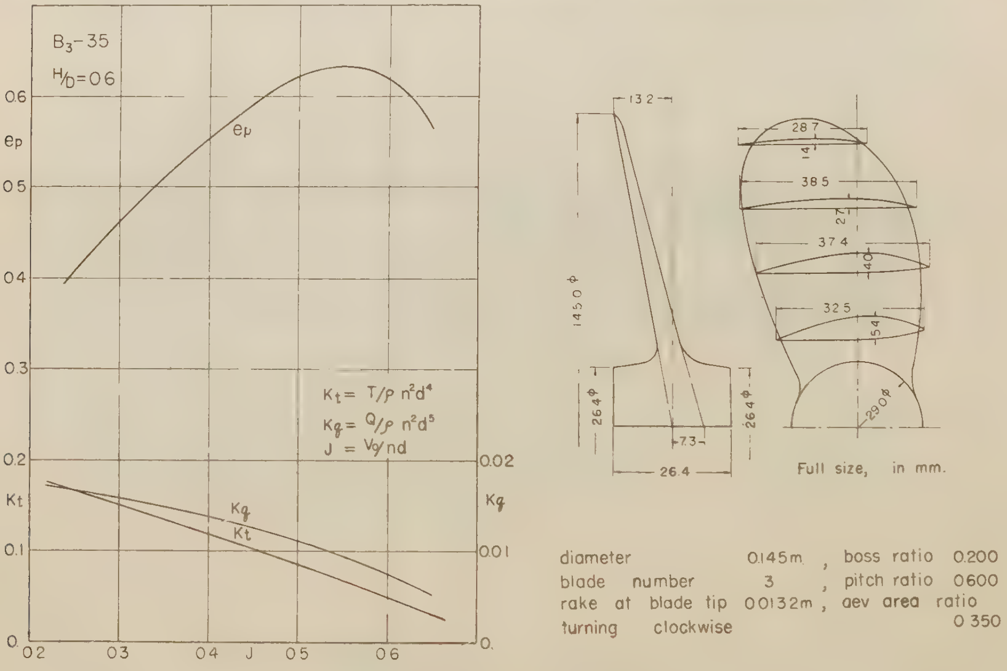
SELF PROPULSION DYNAMOMETER

(B)

ぐことにより漸く実用に供し得るようになつた。電源監視、実験技術による変動を除けば、自航試験器そのものの誤差は 1% 以内である。

2. 推進器

模型推進器の試験は船の後に置いた時と単独の場合では、速力は同じでも必しも同一の流体条件にあるとは限らない。これは推進器の大きさ及び回転数によつて変る訳で、小型模型による自航試験の最大の悩であつた。それで大型模型による実験を併せ行う必要があるのであるが、費用と日時を必要とするので、今回は4隻の模型の何れにも用いることが出来而も既に他の大水槽で大型模型により試験が完了して居て、特性が既知のものを選ぶことにした。此の結果運研目白水槽に於いて系統的試験を行つたもので、B_3–35, ピツチ比 0.6 の推進器を選び此の相似模型を製作した。この詳細は第5図の通りである。前の操縦試験の結果から見ると稍々ピツチが低いのであるが、本文に述べた通り、最適推進器と云うのではなく、単なる Wake meter として用いる分には、甚しい支障はないものと考えて供用した次第である。



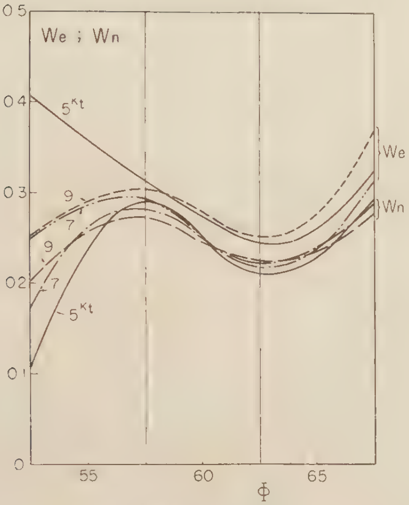
第　5　図

3. 伴流試験

舵を取付けた儘これを貫通して後方から翼車伴流計を設置出来る様に細い車軸のものを特に

製作して用いた。計測半径は 40～140 粍の間を 20 粍毎に 5 個の円環に分けて計測した。計測範囲は 0.4–1.5 米/秒 である。

細い車軸とした為に、接点は水中で作動させ、水の電解電圧以下の 電圧（約 100 mV）を用いた。解析は通常の面積積分の平均値をとつた。この成積を有効伴流 w_e と共に図示すると第 6 図の様になる。この中で $\Phi=.525$ の w_e が特に離れているのは原因はよく判らないが実験誤差によるものと思われる。



第 6 図

4. 解析方法

自航試験の解析方法は国によつて未だ統一されていない。本試験に用いた解析方法（推力一致法）を表記すると次の様になる。

1.	模型の速力	V_m	m/s
2.	抵抗試験の抵抗値	R_m	kg
3.	摩擦修正値	D_f	kg
4.	模型の推力	T_m	kg
5.	推力減少係数	$1-(R_m-D_f)/T=t$	
6.	推進器回転数	n	rev/s
7.	推力常数	$T_m/\rho n^2D^4=K_t$	
8.	前進率（推進器単独試験図から K_t の対応値を求める）	J	
9.	推進器前進速度	$J\times nD=V_o$	m/s
10.	有効伴流率	$1-V_o/V_m=w_e$	
11.	船殻効率	$(1-t)/(1-w)=e_h$	
12.	トルク常数（推進器性能曲線から）	K_q	
13.	推進器単独トルク	$K_q\cdot\rho n^2D^5=Q_o$	kg・m
14.	推進器効率比	$Q_o/Q_m=e_r$	
15.	実船推進器の効率	e_p	
16.	推進効率	$e_he_pe_r=PC$	
17.	有効馬力（抵抗試験より）	EHP	hp
18.	実船軸馬力	$EHP/PC=SHP$	hp
19.	同　上（検算の為）	$(2\pi nQ_o/e_r)(\lambda^{7/2}\rho_s/75\rho_m)=SHP$	hp

和洋折衷型木造実験船ちどりの船体たわみ試験について

土　屋　　孟

The Hull Deflection Test with "Chidori", 3.67 GT Semi-European Type Wooden Boat

Tsutomu TSUCHIYA

ABSTRACT

The hull deflection test was carried out with "Chidori", 3.67 GT semi-European type wooden boat and the results are following,

(1) When the hull is assumed to be a built up beam, the modulus of direct elasticity E_a and the modulus of transverse elasticity G_a are calculated from the deflection curves of the experiments. These values are as followings,

$$E_a = 6.7 \sim 9.2 \times 10^4 \ \mathrm{kg/cm^2}$$
$$G_a = 1.1 \sim 2.1 \times 10^3 \quad 〃$$
$$E_a / G_a = 44 \sim 62$$

(2) According as the load increases, the value of G_a becomes smaller, while the value of E_a does not show such a tendency.

(3) In this experiments, even under a constant load, the hull deflection creeps as the time goes by, but the creep of the deflection can not be explained enough only from the results of this experiments.

(4) In spite of the existence of the creep mentioned above, when a boat receaves variable loads in a short time such as suffered on the rough sea, the hull may be considered as an elastic beam.

(5) The hull of "Chidori" was proved to have a sufficient strength in ordinary uses.

(6) As a rough methed to estimate the bending stresses of delivery shaft in wooden boats, the following seems to be a very convenient one.

$$\sigma_s = r \cdot \frac{E_s}{E_a} \left\{ \frac{M}{I_a} - \frac{\mu \cdot E_a}{G_a} \cdot \frac{w}{A_a} \right\} \qquad \cdots\cdots (10)$$

where, r: a radius of delivery shaft
E_s: Young's Modulus of 〃
E_a: the nodulus of direct elasticity of the boat
M: bending moment given to the boat
I_a: moment of inertia of the boat section
μ: a coefficient determined by the shape of section. When the shape is rectangular, $\mu = 1.2$

G_a: the modulus of transverse elasticity of the boat
w: distributed load given to the boat
A_a: effective sectional area of the boat agninst the sheering force.

はしがき

木船の船体縦強度に関しては、木材の固着に関する問題その他の為、鋼船のように単純な合成梁理論による処理が難しく、従来から種々の解析が試みられているが、未だ定説を得る迄には至つていない。従つて、現在の木造漁船の構造は従来よりの経験で定められている面が多く、構造上改善されるべき点が未だ多く残されているものと考えられる。当研究室としては、我が国の漁船数の大部分を占める木造漁船の質的向上をはかる為、設立以来木船構造の基礎的研究及び実船実験を行つてその解明に努めて来たが、先般当研究室所有の和洋折衷型木造実験船ちどりの船体のたわみに関する実験が行われ、その船体剛性、その他木船構造に関する一応の結果がまとまつたので、木船構造の一つの資料として以下にその概要を報告することにする。本実験は、社団法人日本舶用発動機会の「舶用機関軸系の設計等に関する調査研究事業」に関する委員会により企画されたもので、当研究室もこれに協力して、関係委員多数参加のもとに実施されたものである。

なお、和船型木造漁船に就ては既に当研究室の実験船「あかつき」を用いて略同様の実験を行い、漁船研究技報第4号及び第5号に実験結果及びその解析が掲載されているので、比較参照されたい。

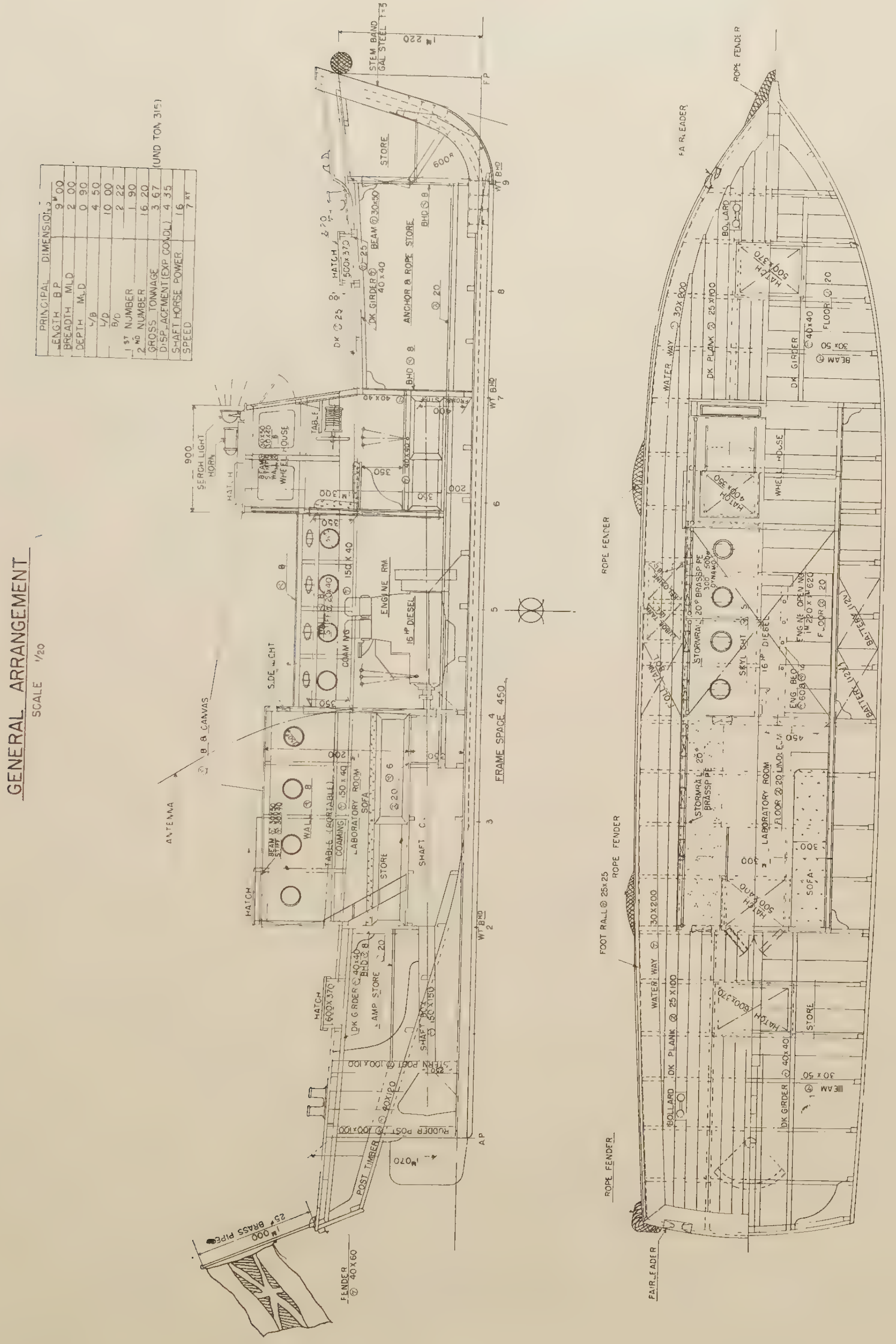
実験要領

1)　ちどりの要目

実験船ちどりの一般配置及び中央断面は第1図及び第2図に示す通りで、その要目は下記の如くである。

長さ（垂線間）	9.00 m
巾	2.00 m
深さ	0.90 m
総屯数	3.67 T
排水量（実験状態）	3.55 t
主機（ジーゼル）	16 HP
速力	7 kt

本船は昭和27年4月に建造されたが、その後昭和30年5月に改修を行つて居り、主要構造部材は木船構造規程の標準寸法に準じたものを採用して入念に監督建造せしめたもので、この


GENERAL ARRANGEMENT
SCALE 1/20
FRAME SPACE 450
ANCHOR & ROPE STORE
STORE
WHEEL HOUSE
ENGINE RM
16HP DIESEL
LABORATORY ROOM
SOFA
SHAFT C.
LAMP STORE
STERN POST
RUDDER POST
POST TIMBER
25ϕ BRASS PIPE
FENDER
ROPE FENDER
FAIR LEADER
BOLLARD
WATER WAY
DK PLANK
DK GIRDER
BEAM
HATCH
STORE
AP
FP

PRINCIPAL DIMENSIONS	
LENGTH B P	9 M 00
BREADTH MLD	2 00
DEPTH MLD	0 90
L/B	4 50
L/D	10 00
B/D	2 22
1ST NUMBER	1 90
2ND NUMBER	16 20
GROSS TONNAGE	3 67 (UND TON 3 15)
DISP ACEMENT (EXP CONDL)	4 35
SHAFT HORSE POWER	16
SPEED	7 KT

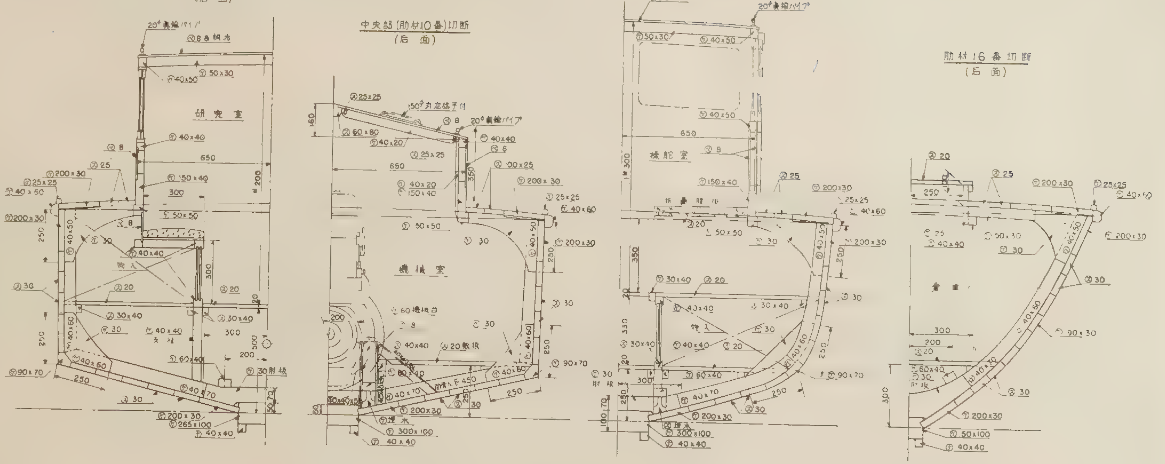
第 1 図　ちどり一般配置

材料寸法表

材料名称		材質	寸法（粍） 幅×深サ又ハ厚サ	備考
龍骨		欅	300 × 100	
肩	〃	檜	40 × 40	
船首材		〃	200 × 00	
船尾材		〃	00 × 100	
舵柱		〃	100 × 100	
力材		〃	.00	
肋骨材		〃	150 × 150	
舵心材		〃	毛 80	
機械台		〃	60 及 合板 8	別図参照
肋骨	肋根部	〃	40 × 70	心距 450
	弯曲部	〃	40 × 60	
	頂部	〃	40 × 50	
梁	普通	〃	30 × 50	
	主梁	〃	肘板代用ノコト	
	艙梁	〃	50 × 50	
	端梁	〃	50 × 50	
肘板		〃	250 × 250 × 30	
船底縦通材		〃	60 × 40	
龜甲舷板		〃	200 × 30	
舷側厚板		〃	200 × 30	
外部弯曲部縦通材		〃	90 × 70	
外板		〃	30	
大甲板			100 × 25	
梁圧板		欅	200 × 30	
梁下縦通材		〃	40 × 40	
機械室口縁材		〃	40 × 150	
隔壁	支柱	〃	40 × 40	
	板	合板	8	
防舷材		欅	40 × 60	
足止		〃	25 × 25	
甲板室	梁	〃	30 × 50	
	防撓材		30 × 40	
	壁	合板	6	
	天上		8 之 帆布	
ストームレール		黄銅管	毛 20	

主要項目

長サ（木船構造規程ニヨル）	900 米
幅（〃）	200 米
深サ（〃）	090 米
L/B	450
L/D	000
B/D	222
第一數	190
第二數	1620
総屯數	367 屯


肋材6番切断
（后面）
20φ黄銅パイプ
⑦88帆布
⑦50×30
⑦40×50
研究室
⑦40×40
650
⑦150×40
300
⑦50×50
200
⑦200×30
⑦25×25
⑦40×60
⑦200×30
250
⑦40×50
⑦30
⑦20
⑦30×40
⑦40×40
支柱
⑦60×40
⑦30肘板
⑦90×70
⑦40×60
250
⑦40×70
⑦30
⑦200×30
⑦265×100
⑦40×40
中央部（肋材10番）切断
（后面）
⑦25×25
150φ丸窓格子付
⑦8
20φ黄銅パイプ
⑦60×80
⑦40×20
⑦40×40
⑦25×25
650
⑦40×20
⑦150×40
350
⑦00×25
⑦200×30
⑦25×25
⑦40×60
⑦200×30
⑦50×50
機械室
⑦60機械台
⑦40×40
⑦20敷板
⑦90×70
⑦40×60
⑦40×70
肘板ヘF450
⑦200×30
⑦300×100
⑦40×40
160
肋材2番切断
（后面）
⑦88帆布
20φ黄銅パイプ
⑦50×30
⑦40×50
⑦40×30
650
操舵室
⑦150×40
⑦25
⑦200×30
⑦25×25
⑦40×60
⑦50×50
⑦200×30
⑦30×40
⑦20
⑦40×40
⑦30×40
⑦40×60
⑦60×40
⑦90×70
⑦40×70
⑦200×30
⑦300×100
⑦40×40
300
330
250
肋材16番切断
（后面）
⑦20
⑦25
⑦200×30
⑦25×25
⑦40×60
⑦200×30
⑦50×30
⑦40×40
倉庫
⑦30
⑦40×60
⑦90×30
⑦60×40
⑦200×30
⑦50×100
⑦40×40
300
200

第 2 図　ちどり中央断面

船令にしては比較的堅牢に保たれた状態の船体と考えられる。主要寸法比もこの種漁船のほぼ平均と見られる値を採用している。詳細は漁船研究技報第3号19頁を参照されたい。

2)　実測事項とその装置

実測事項としては、荷重に伴う船体全体の縦方向のたわみと、これに関連して生ずる推進軸系のたわみ及びその附近の船体の部分的たわみとであり、これ等の測定装置としては、次に述べるようなものを使用した。

船体全体の縦方向のたわみについては、上甲板上に張り渡したアミラン釣糸の変位を、助骨2，4，8，11，16番の位置で竜骨に固定された柱上のスケールによつて読み取つた。推進軸系がある部分の船体の部分的たわみ及び軸系のたわみについては、測定精度を確める為に、測定を一部重複させてある。これら測定装置は以下にのべる通りである。先づ主機関の一部に望遠鏡を固着して、管胴材前端に固定されたスケールを覗き、主機関に対する管胴材の相対的上下量を測定した。又主機関に取付けられた別の望遠鏡によつて、同じく主機関に固定されたスケールを、管胴材前端に固着された鏡を介して覗き、管胴材の主機関に対する相対的な角度変化を測定した。更に強い片持梁を主機関に強固に取付け、これに対する推進軸系の相対的な上下変位を助骨5，6，7，8番の位置に取付けられたダイヤルゲージで測定した。又別に助骨5，6，7，8番の位置の竜骨上に柱を立てて之にスケールを固定し、前記の主機関に固定した片持梁及び主機関後端と管胴材前端の間に張られたアミラン釣糸を基準とした軸系附近の船体の部分的上下変位を測定した。又上架中の船体の支持点にはロードセルを置き、荷重状態を変える毎にその支持力を測定した。

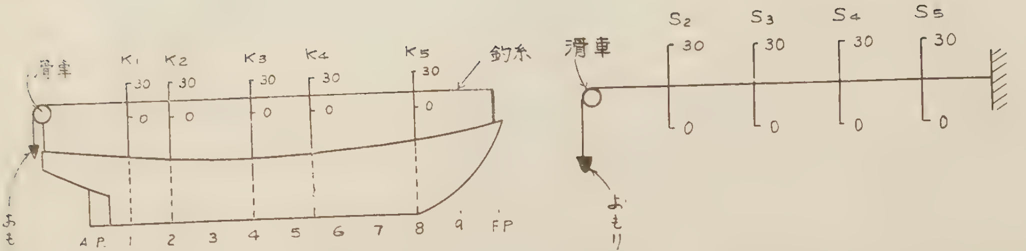
以上の各計測装置の概略を図示すると第3図の如くである。

3)　実施要領

昭和33年8月1日、ちどりを月島分室から横須賀の東造船に廻航し、直ちに船台に上架して諸計測装置の取付けを行つた。8月12日、船台上の荷重実験に関する予備実験を行つた後、8月13日本実験を開始した。

先づ、前日来の4つの盤木上に据つたままの状態で船体及び軸系のたわみを測定の後、中間の盤木2つを外して第4図及び第5図に示されるC，A 2点にて支持される状態にして各計測位置に於ける上下変位及びその時の支持点の反力を測つた。次いで前部支点の位置をA点からB点に移した状態にして、同様の測定を行つた後、再びC，Aの2点支持状態に戻して測定を行つた。次にC，B 2点支持で船体中央部に約1トンの集中荷重を加えた状態にし、再びC，A 2点支持状態に戻して夫々同様の測定を行つた。

其の後、船を静水上に浮べて同様のたわみ測定を行つた後、中央部に約0.7トンの部分的分布荷重を加えた状態にし、再びその荷重を除いた状態に戻し、夫々の状態で同様の測定を行つた。之等を順序に従つて実験状態の記号を附けると第1表の通りになる。

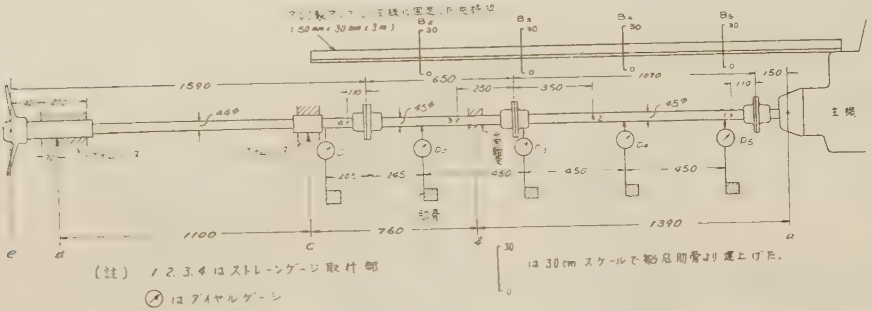

滑車
K1
K2
K3
K4
K5
30
0
釣糸
おもり
A.P.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
FP
S2
S3
S4
S5
滑車
30
0
おもり

〔註〕 スケールは船底肋骨より建上げた。

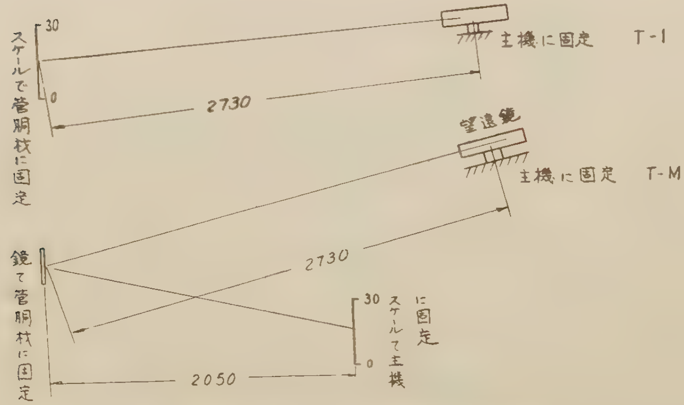
(1) 船体のたわみ計測装置

〔註〕 スケールは船底肋骨より建上げた。

(2) 釣糸による軸系附近の船底のたわみ計測装置


(50mm×30mm×3m)
B2
B3
B4
B5
30
0
650
1070
150
1590
110
250
350
44φ
45φ
45φ
D5
主機
450
450
450
205
265
1100
760
1390
e
d
c
b
a
〔註〕 1.2.3.4 はストレーンゲージ取付部
はダイヤルゲージ
は 30cm スケールで船底肋骨より建上げた。

(3) 機関室の船底及び軸系のたわみ計測装置並びに軸系のひずみ計測箇所


30
0
スケールで管胴材に固定
主機に固定
T-1
2730
望遠鏡
主機に固定
T-M
鏡で管胴材に固定
2730
30
0
スケールで主機に固定
2050

(4) 管胴材の変位及び傾斜角計測装置

第3図 計測装置

第 1 表 実験の荷重及び支持状態

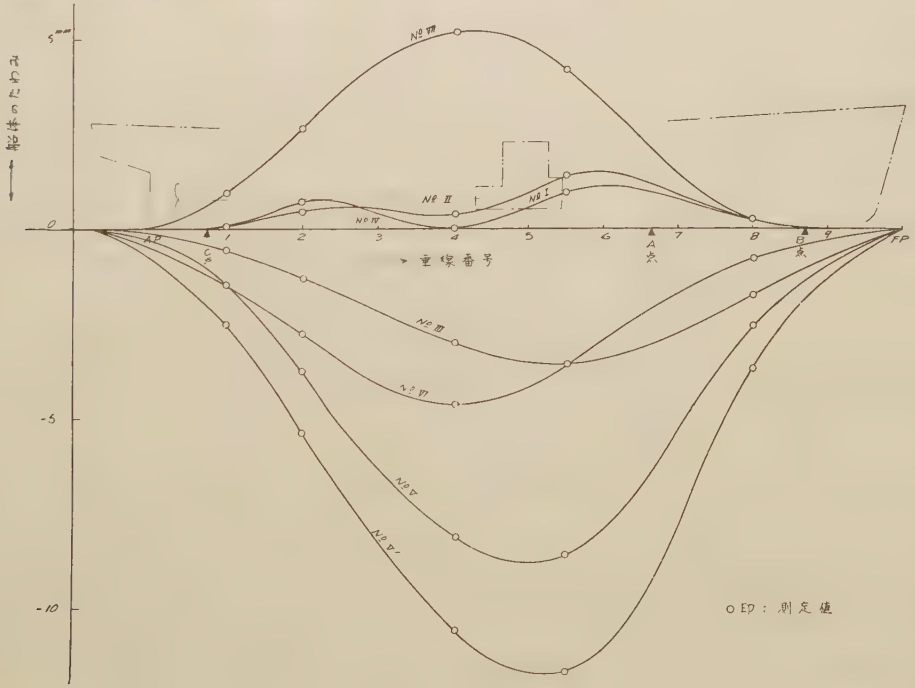
実験 No.	支持条件	荷重
I	盤木上4点支持	船体自重による
II	A，C 2点支持	〃
III	B，C 〃	〃
IV	A，C 〃	〃
V	B，C 〃	船体自重以外に船体中央部に1トンの集中荷重を加えた。
V′	〃	〃
VI	A，C 〃	船体自重による
VII	静水上	〃
VIII	〃	船体自重以外に船体中央部に 0.72 トンの部分的分布荷重を加えた。
IX	〃	船体自重による

この荷重状態のうちA，Cの2点支持の状態が3回あるが、その理由は2点支持状態での最小荷重状態であるこの状態を基準にし、この状態からの相対的な荷重変化及びそれに伴うたわみ変化を求めようとした為である。

試験成績

各実験状態毎の測定値を第2表に示す。

又実験IVを基準とした各実験状態の船体のたわみを第4図に示す。

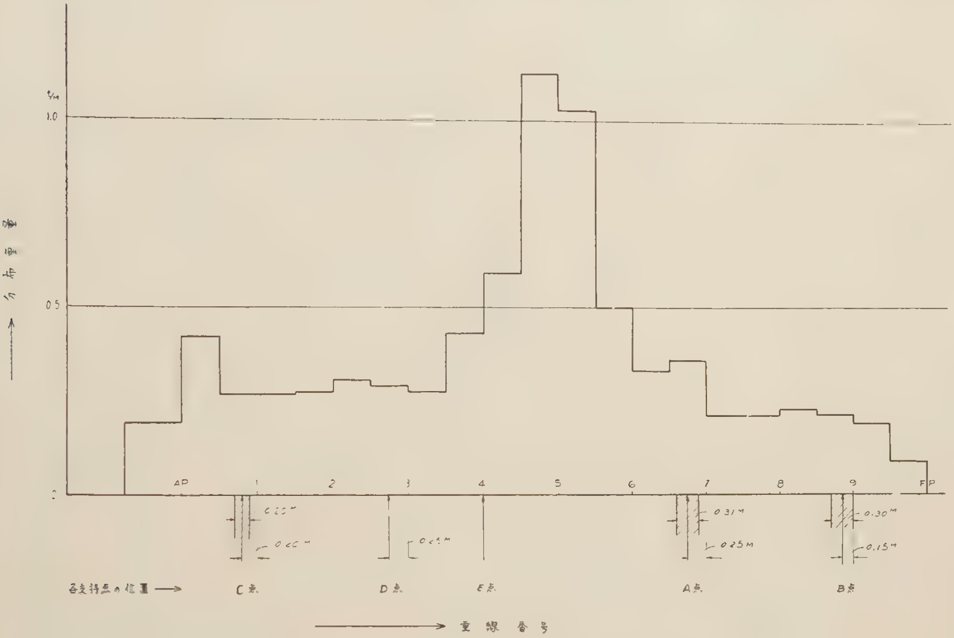


第 4 図

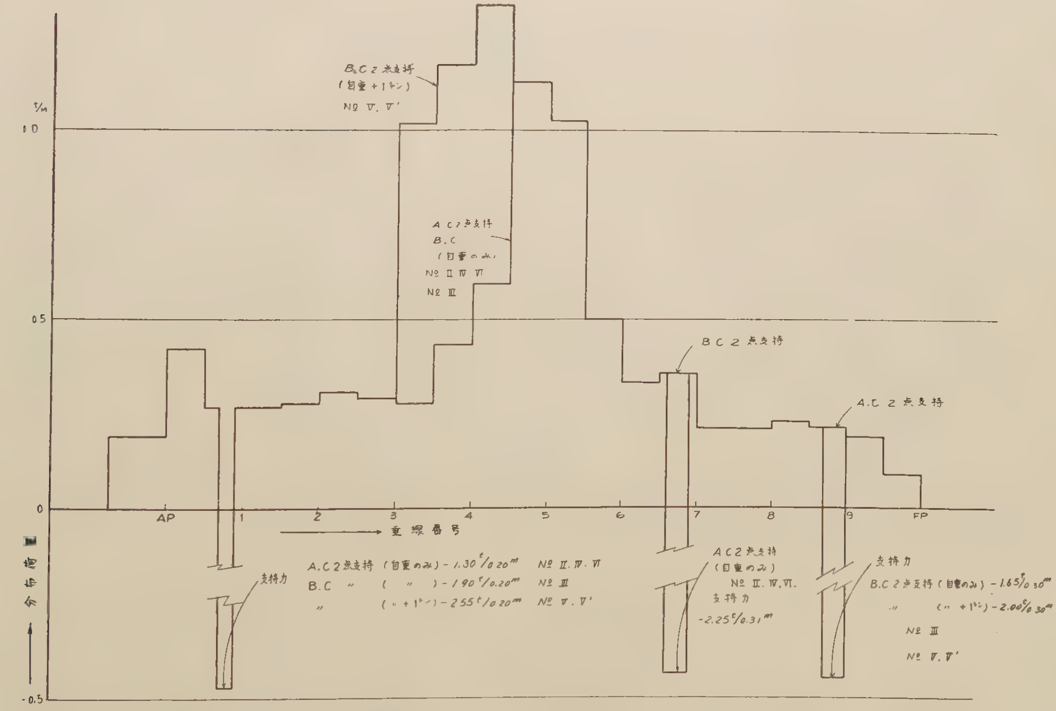
第　2　表

実験状態 測定項目		I	II	III	IV	V	V′	VI	VII	VIII	IX
甲板上の釣糸によるスケールのよみ　(粍)	K 1	10.00	10.00	9.94	10.00	9.85	9.75	9.85	10.10	10.05	11.20
	K 2	10.00	9.98	9.80	9.93	9.55	9.40	9.66	10.20	12.00	12.30
	K 3	10.00	10.04	9.70	10.00	9.20	8.95	9.54	10.52	10.57	10.50
	K 4	15.00	15.05	14.55	14.91	14.05	13.74	14.55	15.33	15.31	15.30
	K 5	10.00	10.00	9.80	9.98	9.72	9.60	9.90	10.00	10.00	10.02
軸系附近の釣糸によるスケールのよみ　(粍)	S 2	20.10	20.10	20.10	20.10	20.13	20.15	20.15	20.06	20.06	20.06
	S 3	20.22	20.22	20.23	20.28	20.30	20.34	20.31	20.12	20.12	20.13
	S 4	20.03	20.05	20.05	20.08	20.12	20.16	20.15	19.92	19.93	19.90
	S 5	20.12	20.15	20.15	20.18	20.21	20.22	20.21	20.02	20.03	20.06
主機に固着した片持梁によるスケールのよみ (粍)	B 2	20.58	20.55	20.49	20.48	20.26	20.20	20.30	20.73	20.70	20.74
	B 3	19.29	19.26	19.20	19.20	19.08	19.03	19.11	19.35	19.30	19.30
	B 4	18.45	18.40	18.37	18.40	18.35	18.32	18.34	18.45	18.41	18.40
	B 5	17.72	17.73	17.70	17.72	17.68	17.66	17.73	17.72	16.69	17.71
支点の荷重　(トン)	A		2.25	—	2.25	—	—	2.55			
	B		—	1.65	—	2.00	2.00	—	3.55	4.27	3.55
	C		1.30	1.90	1.30	2.55	2.55	1.30			
	(註)	支持力不明							上記は排水量		
船底助骨に固定したダイヤルゲージのよみ　1/100 mm	D 1	−6.2	−7.0	−7.0	−7.4	—	−10.5	−10.3	−0.5	0.1	—
	D 2	9.6	8.5	9.5	8.5	—	9.5	7.6	2.6	3.8	—
	D 3	−7.3	−9.8	−12.1	−6.5	—	−9.9	−12.1	−30.5	−30.6	—
	D 4	9.5	16.7	10.7	15.0	—	15.7	18.0	−30.8	−30.9	—
	D 5	32.7	41.4	35.4	43.2	—	39.1	53.0	6.4	4.5	—
T 1 望遠鏡によるスケールのよみ (粍)		22.43	22.39	22.34	22.39	—	22.11	22.23	22.76	22.74	22.76
TM　〃　(粍)		5.68	5.88	5.82	5.80	—	6.39	6.17	4.68	4.73	4.67
軸の曲げ応力　(瓩/粍^2)	σ_1	−1.21	−1.26	−1.37	−1.15	—	−2.35	−1.94	−0.94	−0.93	—
	σ_2	0.21	0.08	0.19	0.05	—	−0.50	−0.44	0.80	0.80	—
	σ_3	1.73	1.47	1.75	1.46	—	1.48	1.27	2.55	2.49	—
	σ_4	2.39	2.37	2.44	2.40	—	2.54	2.52	2.42	2.39	—
備　考		陸上四点支持	陸上2点支持状態						静水上		
		ダイヤルゲージの読みは計測の読みを調整した価を示す									

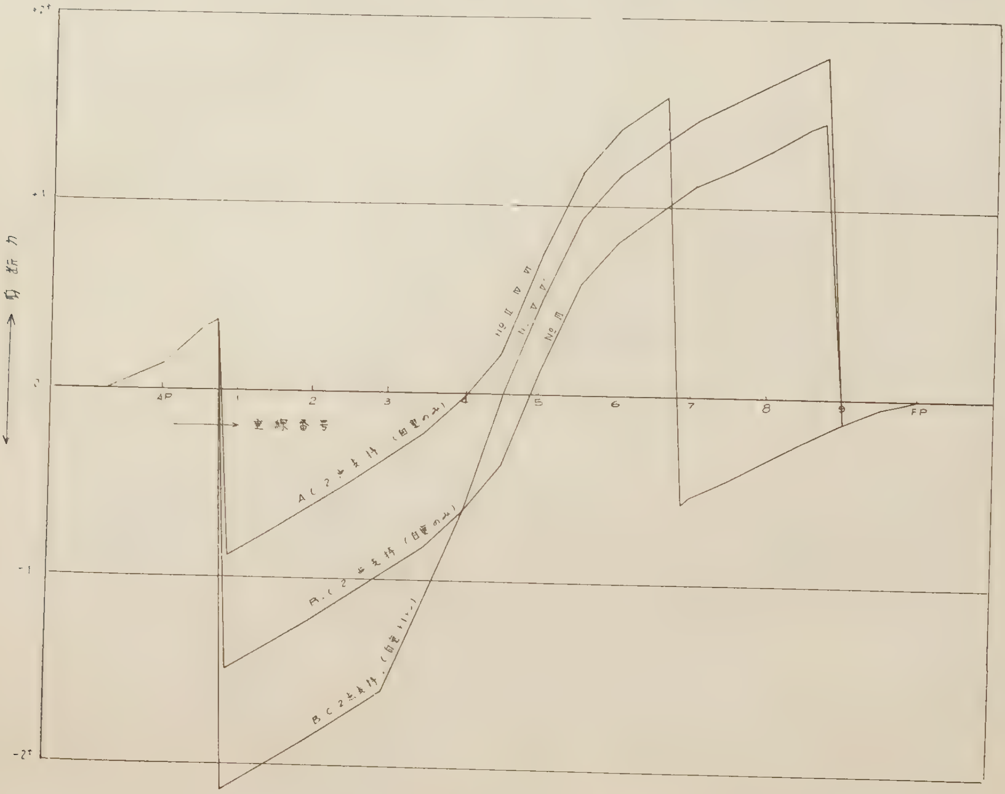
本船の実験当時の重量分布は第5図に示される通りであり、これに対応する支点の支持力又は浮力は計算又は計測から求められているので、これらから各実験状態で船体が受ける縦方向の荷重、剪断力及び曲げモーメントの分布曲線を求めることが出来る。それ等を第 6, 7, 8 及び9図に示す。



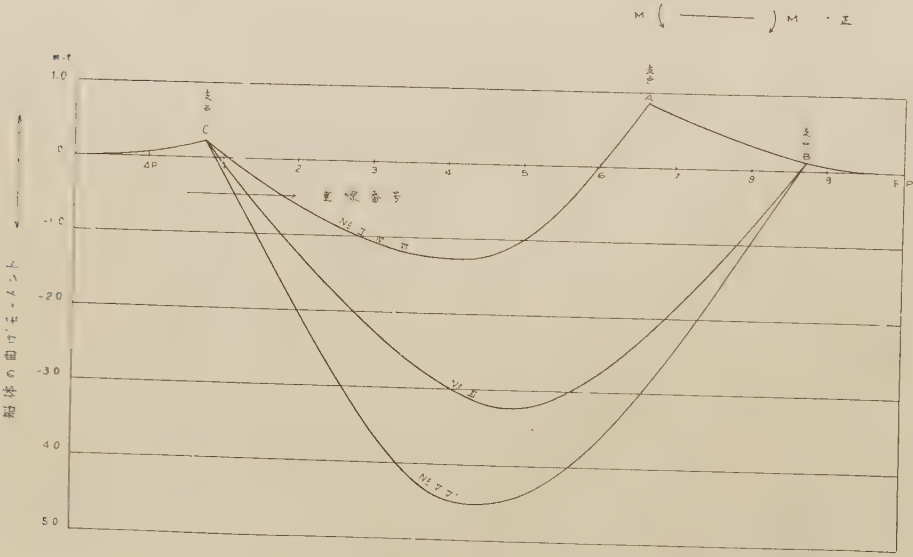
第 5 図　重 量 曲 線



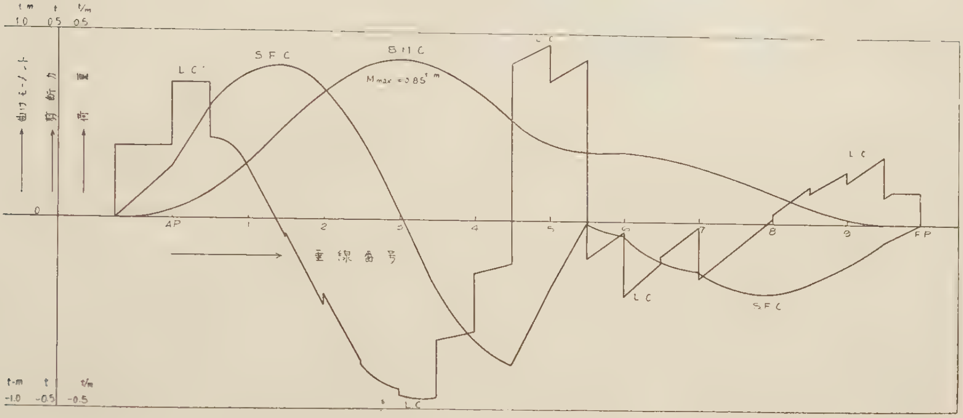
第 6 図　荷 重 曲 線



第 7 図　剪断力曲線



第 8 図　曲げモーメント曲線



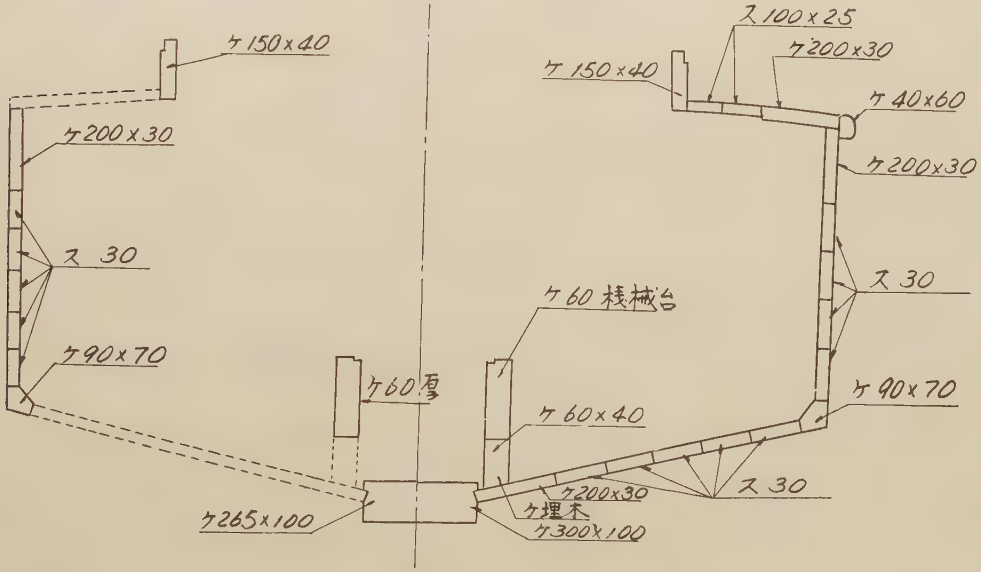
第 9 図　　静水時の荷重、剪断力及び曲げモーメント曲線

解　　　析

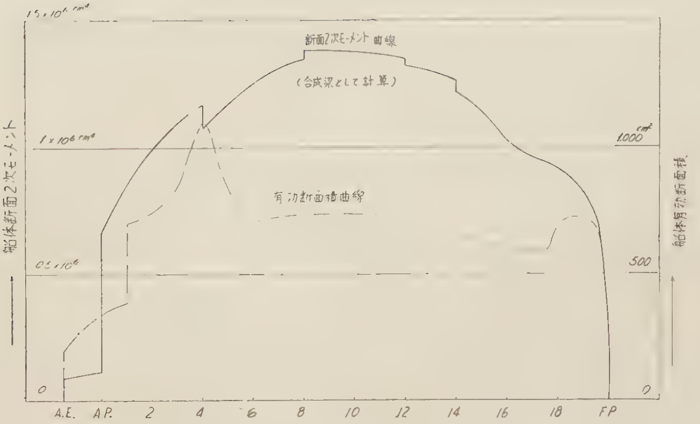
1)　船体の剛性について

実験で得られた船体のたわみ量及びその形状が理論的にどう解明されるべきものかを若干検討してみることにする。

本章に於ては本船を一つの合成梁と考えて検討を進めるが、この際その断面二次モーメント


ケ150×40
ケ200×30
ス 30
ケ90×70
ケ60厚
ケ265×100
ス100×25
ケ200×30
ケ150×40
ケ40×60
ケ200×30
ス 30
ケ60 機械台
ケ60×40
ケ90×70
ス 30
ケ200×30
ケ埋木
ケ300×100

第　　　10　　　図



第　11　図

を算出する縦通部材の採り方については、第 10 図右半分に示されるものを採つた。これは漁船研究技報第4号の「あかつき」の実験に準じて採つたもので、船体曲げ強度部材の殆んどすべてと考えられる。これに依り計算された船体断面二次モーメントの船首尾方向の分布を第11図の実線に示す。

又、本船のたわみを問題にする場合、曲げモーメントによるたわみ以外に、剪断力によるたわみも無視出来ないと考えられる。この場合、剪断力の大部分を受持つのは、上下に深い断面を持つ部材で、本計算では第10図左半分の実線で囲まれた部材のみを採つた。この場合の有効断面積の船首尾方向の分布を第11図の鎖線に示す。

いま、船体の上下方向のたわみを y 座標、船首尾方向を x 座標であらわすと、曲げモーメントによるたわみ y_b について次式の関係があることが知られている。

$$\frac{d^2y_b}{dx^2}=-\frac{M}{E_aI_a} \quad \cdots\cdots(1)$$

但し　M： 船体に加わる曲げモーメント

I_a： 木船を一つの合成梁と考えた場合の断面2次モーメント

E_a： 同上の場合の曲げ弾性係数

E_a が船首尾方向に不変と仮定すると(1)式は次の如く表わせる。

$$y_b=\frac{1}{E_a}\left\{-\iint_0^x\frac{M}{I_a}dxdx+C_1x+C_2\right\} \quad \cdots\cdots(2)$$

但し　C_1 及び C_2： 積分常数

また、剪断力によるたわみ y_s について次式の関係があることが知られている。

$$\frac{dy_s}{dx}=\frac{\mu F}{G_aA_a} \quad \cdots\cdots(3)$$

但し　F： 船体に加わる剪断力

A_a： 木船を一つの合成梁と考えた場合の有効断面積

G_a： 同上の場合の剪断弾性係数

μ： 部材の断面形状に関する係数。此処では矩形断面であるから 1.2

G_a が船首尾方向に不変と仮定すると(3)式は次の如く表わせる。

$$y_s=\frac{\mu}{G_a}\left\{\int_0^x\frac{F}{A_a}dx+C_3\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

但し　　C_3：積分常数

船体のたわみ y は以上に理論的に求められるたわみ y_b 及び y_s の和に等しいと考えられるから、次式が得られる。

$$y=\frac{1}{E_a}\left\{-\iint_0^x\frac{M}{I_a}dxdx+C_1x+C_2\right\}+\frac{\mu}{G_a}\left\{\int_0^x\frac{F}{A_a}dx+C_3\right\}\cdots\cdots\cdots(5)$$

一般に船のたわみは船の両端を結んだ直線を基準にして測られるのが普通である。(5)式は一般式であるから、その境界条件として $x=0$ 及び $x=L$ の時、$y=0$ を入れ、たわみの実測値と理論値とが直接比較出来る形に直すと(6)式になる。この場合の y の値即ち、船の両端を結んだ直線を基準にした船体のたわみの理論計算値を他と区別する為に y_t とする。

$$y_t=\frac{1}{E_a}\left\{-\iint_0^x\frac{M}{I_a}dxdx+\frac{x}{L}\iint_0^L\frac{M}{I_a}dxdx\right\}+\frac{\mu}{G_a}\left\{\int_0^x\frac{F}{A_a}dx-\frac{x}{L}\int_0^L\frac{F}{A_a}dx\right\}\cdots\cdots(6)$$

(6)式の右辺のうち、E_a 及び G_a 以外は、前章の第7図、第8図及び第11図の通り計算で求められているから、(6)式を更に簡単に書き直す。

$$y_t=\frac{\alpha}{E_a}+\frac{\beta}{G_a}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(7)$$

但し

$$\alpha=-\iint_0^x\frac{M}{I_a}dxdx+\frac{x}{L}\iint_0^L\frac{M}{I_a}dxdx$$

$$\beta=\mu\left\{\int_0^x\frac{F}{A_a}dx-\frac{x}{L}\int_0^L\frac{F}{A_a}dx\right\}$$

(7) 式の左辺は実験で得られた測定値であり、右辺は上記の諸仮定を入れて算出される計算値であるから、若し、それ等の仮定がすべて正しいとすれば、(7) 式は船首尾方向のどの点でも成立する筈である。

今、一つの試みとして、⊗に於て(7)式が成立つ条件を入れて、E_a 及び G_a を求めてみる。この場合、E_a 及び G_a の双方とも独立変数にすると2元1次方程式になり解が求められないので、E_a と G_a とに一つの関係を仮定しなければならぬ。その関係として

$\mu E_a/G_a=20$ a)　　を入れる。

この値は原田氏が片持梯子梁理論を従来の合成梁理論と比較する場合に使われた値であり、技報第5号の大津、和田氏の行つた和船型木造漁船の実験解析にも使用されている。

No. Ⅲ の状態の数値を(7)式に入れると

$$0.45=13,420/E_a+329\times\mu/G_a$$

---

a)　原田正道「木造船の縦強度」（造船協会会報第74号）参照。

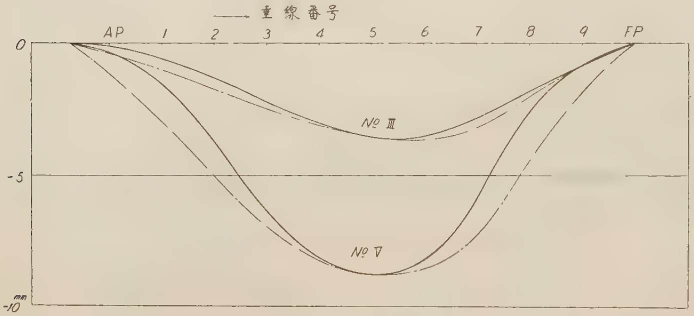
$$\begin{cases} E_a = 44,500\ \mathrm{kg/cm^2} \\ G_a = \ \ 2,670 \quad 〃 \end{cases}$$

No. V の状態の数値を(7)式に入れると

$$0.89 = 20,560/E_a + 485 \times \mu/G_a$$

$$\begin{cases} E_a = 34,000\ \mathrm{kg/cm^2} \\ G_a = \ \ 2,040 \quad 〃 \end{cases}$$

以上に求められた各 E_a 及び G_a の値を使つて船体のたわみ曲線を計算すると第 12 図の鎖線となり、実測のたわみ曲線たる実線と比較するとたわみ形状に相当の違いがみられる。このことは、本船に於ては $\mu E_a/G_a=20$ の仮定が当てはまらないことを示している。そこで次の試みとして、実測と計算のたわみ量を船体の長さ方向の 2 点に於て一致する条件を与えてみることにする。垂線 2 及び 5.5 が船体のたわみの実測点であるから、(7)式より 2 つの条件式が得られ、2 元 1 次の連立方程式により E_a 及び G_a の値が共に求められる。各状態での連立方程式を下表に示す。



第　12　図

荷重の変化	方程式
No. II→No. III	$-0.18 = -6,960/E_a - 113/G_a$ ……………… (7— 1)
	$-0.50 = -13,550/E_a - 445/G_a$ ……………… (7— 2)
No. III→No. IV	$0.13 = 6,960/E_a + 113/G_a$ ……………… (7— 3)
	$0.36 = 13,550/E_a + 445/G_a$ ……………… (7— 4)
No. IV→No. V	$-0.38 = -11,600/E_a - 227/G_a$ ……………… (7— 5)
	$-0.86 = -20,410/E_a - 607/G_a$ ……………… (7— 6)
No. V→No. V′	$-0.15 = -11,600/E_a - 227/G_a$ ……………… (7— 7)
	$-0.31 = -20,410/E_a - 607/G_a$ ……………… (7— 8)
No. IV→No. V′	$-0.53 = -11.600/E_a - 227/G_a$ ……………… (7— 9)
	$-1.17 = -20,410/E_a - 607/G_a$ ……………… (7—10)
No. V′→No. VI	$0.26 = 11,600/E_a + 227/G_a$ ……………… (7—11)
	$0.59 = 19,400/E_a + 533/G_a$ ……………… (7—12)
No. VI→No. VII	$0.54 = 13,540/E_a + 229/G_a$ ……………… (7—13)
	$0.98 = 17,110/E_a + 298/G_a$ ……………… (7—14)

(註)　(7—12) 及び (7—14) 式は No. VI 状態での垂線 5.5 のたわみ実測値に疑問があつたので垂線 4 の位置での関係式を使つた。

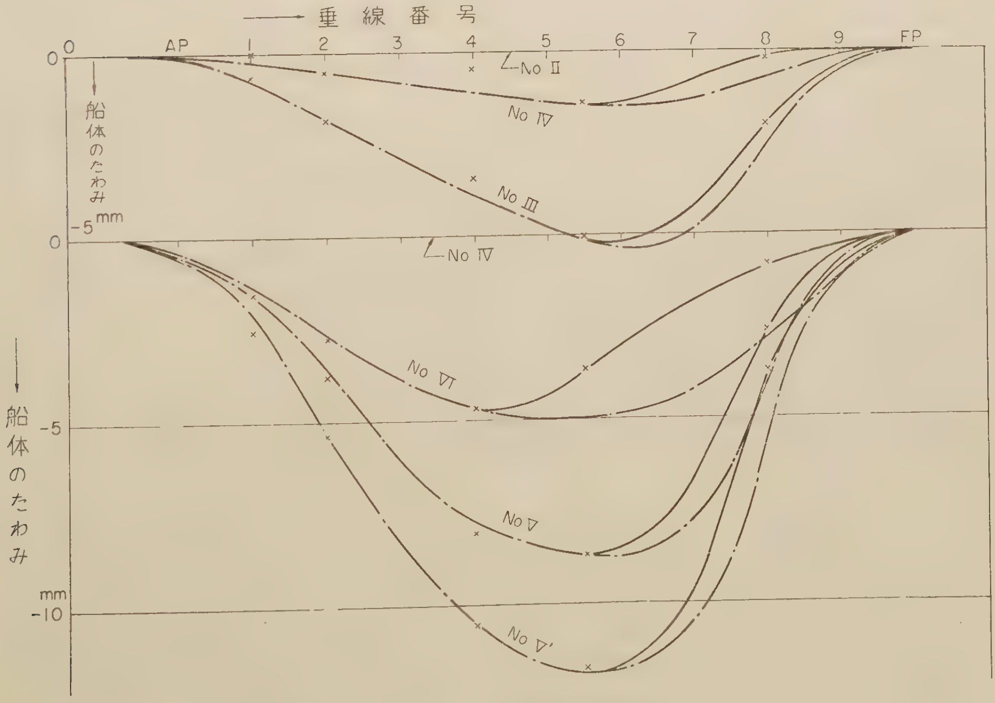
以上の各連立方程式を解き第3表の解を得た。

第 3 表

荷重の変化	E_a	G_a	E_a/G_a	備考
No. Ⅱ→No. Ⅲ	66,600kg/cm²	1,500kg/cm²	44.4	
No. Ⅲ→No. Ⅳ	92,000	2,090	44.0	この間にクリープを含む。
No. Ⅳ→No. Ⅴ	67,800	1,090	62.3	
No. Ⅴ→No. Ⅴ′	117,000	4,460	26.2	この間は荷重変化なし
No. Ⅳ→No. Ⅴ′	42,800	880	48.8	この間にクリープを含む
No. Ⅴ′→No. Ⅵ	380,000	990	383	
No. Ⅵ→No. Ⅶ	−1,700	27	−63	この間に複雑な荷重変化あり

第3表の E_a 及び G_a を使つて荷重変化毎の船体たわみ曲線の計算値を第13図に夫々鎖線で表わし、これと比較するため、実測値を同図中に実線で又実測点を×点で表わした。これによると実測と計算のたわみ曲線は船体後半部に於て比較的よく一致しているので、ちどりの船体を合成梁と見做した場合の船体後半部の見掛けの曲げ弾性係数 E_a 及び剪断弾性係数 G_a は第3表に示される範囲にあるものと推定され、このうち短時間の荷重変化のみを考慮した場合の E_a 及び G_a は概むね次の範囲にあるものと想像される。

$$\begin{cases} E_a = 6.7 \sim 9.2 \times 10^4 \ \mathrm{kg/cm^2} \\ G_a = 1.1 \sim 2.1 \times 10^3 \quad 〃 \end{cases}$$



第 13 図

しかし、同図中、船体前半部のたわみ曲線は計算値と実測値の間に相当の差異があり、特に実験 V′→Ⅳ の間では甚しい。これらの主な理由は船体の前後で構造上に多少相違があること、或いは船体前部に加わる荷重が状態毎に符号を変えたこと等により E_a 及び G_a が船体後部と著しく異つている為と考えられる。又 No. Ⅵ→No. Ⅶ 間の E_aの値が負になり、且つ E_a 及び G_a の値が他に比して著しく異つているのが注目されるが、これは下架途中で荷重が複雑に変化していることを考え併せると、他の状態とは同一に比較出来ない。この状態間に船体に加わる曲げモーメント及び剪断力の符号が逆になつているので、若し船体構造の内部にガタがあるとすれば、それもこの原因の一つとなり得る訳である。

以上、第3表の E_a 及び G_a の値から、ちどりの船体に関しては本実験の範囲内では次のことが推論される。

(1)　ちどりの船体に加わる荷重の大きさに対し、E_a の値は余り影響されないが、G_a については荷重が大きくなるに従つてその値が小さくなつてゆく傾向が見られる。

(2)　船体のたわみが時間と共に増大するときは曲げモーメントによるたわみ量と、剪断力によるたわみ量との比が、時間と共に増加してゆく傾向にある。

(3)　長時間船体をたわませていた荷重を取除く際にはたわみが若干残留するが、そのうち曲げモーメントによるたわみの残留量は剪断力によるたわみの残留量よりも遙かに大きい。

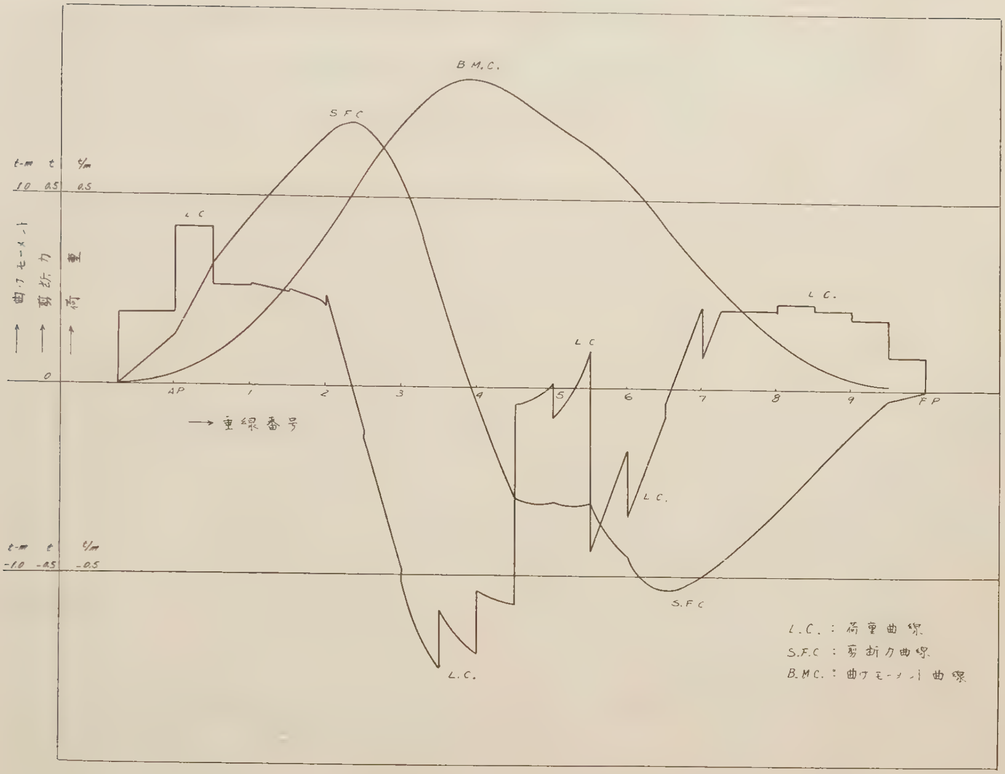
(4)　漁船研究技報第5号に記載されている和船型木造漁船「あかつき」のたわみ実験の結果の解析に於ては、$\mu E_a/G_a=20$ と仮定した場合の $E_a=1.385\times10^4\ \mathrm{kg/cm^2}$ が得られて居り、同様の仮定の下に算出した「ちどり」の $E_a=3.4\sim4.5\times10^4\ \mathrm{kg/cm^2}$ となつている。この理由は明らかでないが「ちどり」が全通の上甲板を持つているのが大きな原因ではないかと考えられる。

2)　船体縦強度材の応力について

前章で船体の剛性について極く大把みな解析を試みたので、その線に沿つて更に船体縦強度材の曲げ応力及び剪断応力を計算により求め、船体強度の一つの目安として、各部材の破壊応力に対する安全率を求めてみることにする。

曲げモーメント及び剪断力を第7図、第8図及び第9図より、部材の断面2次モーメント及び有効断面積を第11図より採つて、各実験状態毎の応力の最大値と安全率等を計算すると第4表の通りとなる。

又、本船が航海中受けると想像される最大荷重状態は、荒天時に船の長さに等しい波長の波の峯の線が船と直角になつて、波の山が船の中央に来たホギング状態であることが知られ、本船のような小型船では波高/波長＝1/10 程度の岨しい波を受けることも考えられるので、その場合、船体に受ける剪断力及び曲げモーメントを計算すると第14図になる。その状態で生ずる応力の最大値も計算して第4表に併せて記載した。



第　14　図

第　4　表

荷重状態	垂線番号	最大曲げモーメント $M_{\max}$	I_a	y	I/y	$\sigma_{\max}=\dfrac{M_{\max}}{I/y}$	安全率
		kg-cm	cm⁴	cm	cm³	kg/cm²	
No. II, IV, VI	4	−127,000	1,345,186	甲板室縁材 70 竜骨摩材 −52	19,200 −25,900	−6.6 4.9	15.2×8 20.4×8
No. III	5	−323,000	1,374,426	同上 71 −51	19,400 −27,000	−16.6 12.0	6.0×8 8.3×8
No. V, V′	4.5	−452,000	1,376,000	同上 72 −50	19,100 −27,500	−23.6 16.4	4.2×8 6.1×8
静水上	3	85,000	1,267,000	同上 67 −58	18,900 −21,800	4.5 −3.9	22.2×8 25.6×8
1/10 波浪中	4	163,000	1,345,186	同上 70 −52	19,200 −25,900	8.5 −6.3	11.8×8 15.9×8

荷重状態	垂線番号	最大剪断力 $F_{\max}$	A_a	$\tau_{\max}=\dfrac{F_{\max}\times1.5}{A_a}$	安全率
		kg	cm²	kg/cm²	
No. II, IV, VI	6.5	1,580	721	3.3	1.3×8
No. III	1	1,480	742	3.0	1.5×8
No. V, V′	1	2,140	742	4.4	1.1×8
静水上	1.5	400	834	0.72	6.3×8
1/10 波浪中	2.5	690	830	1.25	3.6×8

第4表の安全率を算出する際の木材の破壊応力としては、船舶工学便覧第3分冊 P. 48 の第3表中から採り、曲げ応力に対しては欅の $\sigma_{cr}=100\,\mathrm{kg/cm^2}$, 剪断応力に対しては杉の $\tau_{cr}=4.5\,\mathrm{kg/cm^2}$ とした。但し、これ等の値は既に8倍の安全率を見込んだ値なので、第4表中にはその倍数だけ安全率を修正した。

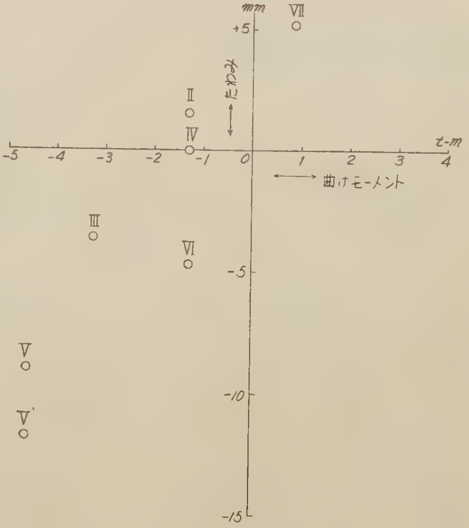
第4表の値を和船型木造漁船「あかつき」の実験結果と比較すると、「あかつき」に於ては最大荷重状態時の最大曲げ応力は、梁圧材に於て 15.27 kg/cm², 竜骨摩材に於て 10.02 kg/cm² となつて居り、曲げ応力の点では本実験の方が大きな荷重を加えたことになる。

第4表で知られる通り、今回の実験で加えられた荷重は船が海上で遭遇しうる最大の荷重に比較して、それを遙かに上廻るものであつたが、なお且つ縦強度部材の破壊を生じさせるには至らないものであることを示している。ただし同表中の各応力及び安全率は船体を合成梁と仮定して算出したもので、真の安全率とは言えない。即ち、本船の構造は釘固着によるものであるから、第4表の計算値の応力に加えるに釘固着の部分に応力の集中を生じることが明かであり、又木外板のシームでの剪断応力の不連続に伴う応力の増加も想像されるのであるが、之等は何れも本計算には含まれて居ない為、計算された最大応力は実際の最大応力よりも可成り下廻つていることが考えられる。

今回の実験では、船体のたわみの大きさ及びその形状を把むことに重点が置かれ、部材の応力の実測は都合により省略された為、この方面の資料が得られなかつた。部材の応力分布を重点的に検討する場合には、片持梯子梁理論[a] 又は弾性層により結合された多層重ね梁理論[b] 等による方が適当であるが、上記の如く、今回は理論計算と比較しうる応力分布の実測値が得られなかつたので、応力分布に関する検討は別の機会に譲ることにする。

3)　たわみのクリープについて

船体に加わる外力を代表して最大曲げモーメント $M_{\max}$ を採り、それと船体の最大たわみ $\delta_{\max}$ との関係をみると第15図の如くになる。本図は試験船ちどりの船体が完全弾性体でないことを物語つているので、この点について少し検討を加えてみることにする。



第　15　図

第4図に示された船体のたわみ曲線のうち、実験 No. V′ のものを除いてはいずれもそれぞ

---

a)　43頁欄外参照。

b)　菱田一郎、真能創：「木船縦強度の理論的研究」（造船協会論文集第104号）参照。

れの荷重を加えた後数分以内に計測されたものであるが、No. V′ だけは No. V と同じ荷重状態のまま、その 35 分経過後に計測されたもので、両者の間に明かに船体のたわみのクリープ現象が観測され、そのたわみの増大速度は最大たわみ点に於て平均 0.08 mm/min が得られた。

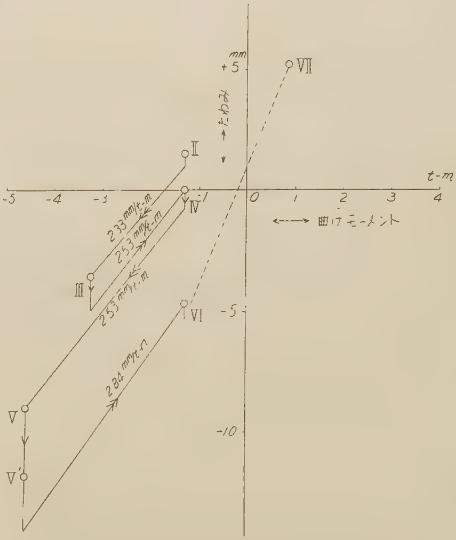
今回の実験では、この状態以外の荷重状態においては、クリープ現象を確める為の計測をしていないが、木船の力学的性質上、当然他の状態においても存在することが十分想像される。いま仮にその各荷重状態でのたわみ増大速度がそれぞれの最大曲げモーメントに比例するとしてみる。第 5 表に上記の仮定によつて計算された各荷重状態下のたわみ増大速度を示す。

第 5 表　たわみ増大速度

実験 No.	支持条件	荷重	最大曲げモーメント	たわみ増大速度	備考
			t-m	mm/min	
V	B，C 2 点支持	船体自重及 1 トン積荷	−4.60	−0.080	測定値
III	〃	船体自重	−3.25	−0.057*	* 印は計算値
II，IV，VI	A，C 2 点支持	〃	−1.30	−0.023*	〃

以上に述べられた計測値及び計算値から、クリープ現象を考慮に入れた場合の船体に加わる最大曲げモーメント $M_{\max}$ と船体の最大たわみ $\delta_{\max}$ との関係を図に示すと第 16 図となる。

同図中、2 重矢印線は船体の荷重状態を変える為に要した数分程度の時間内での動きを示し、1 重矢印線は計測時間である 30～60 分程度の時間内での動きを示している。また破線で示された部分は、この間は下架進水作業に伴う諸種の荷重の履歴を途中に含んでいるので特に区別したものである。本図によると荷重時間が増すにつれて船体のたわみが増加し、その荷重を取去つた直後には、そのクリープしたたわみ分だけが残留すると言うような傾向が見られる。いまこのクリープ現象を取除いた場合を考えると、第 16 図によく示されている通り船体に加わる最大曲げモーメント $M_{\max}$ の変化と船体の最大たわみ $\delta_{\max}$ の変化との比はほぼ一定値をとり、その平均値は $\Delta\delta_{\max}/\Delta M_{\max}=2.56$ mm/t-m となる。いまこのクリープの増大速度を曲げモーメントに比例すると仮定してみたのであるが、実験 No. III 及び V の No. II，IV 及び VI に対する相対的な荷重は形が類似しているので、曲げモーメントの代りに剪断力をとつても略同様の傾向が示されるものと思われる。

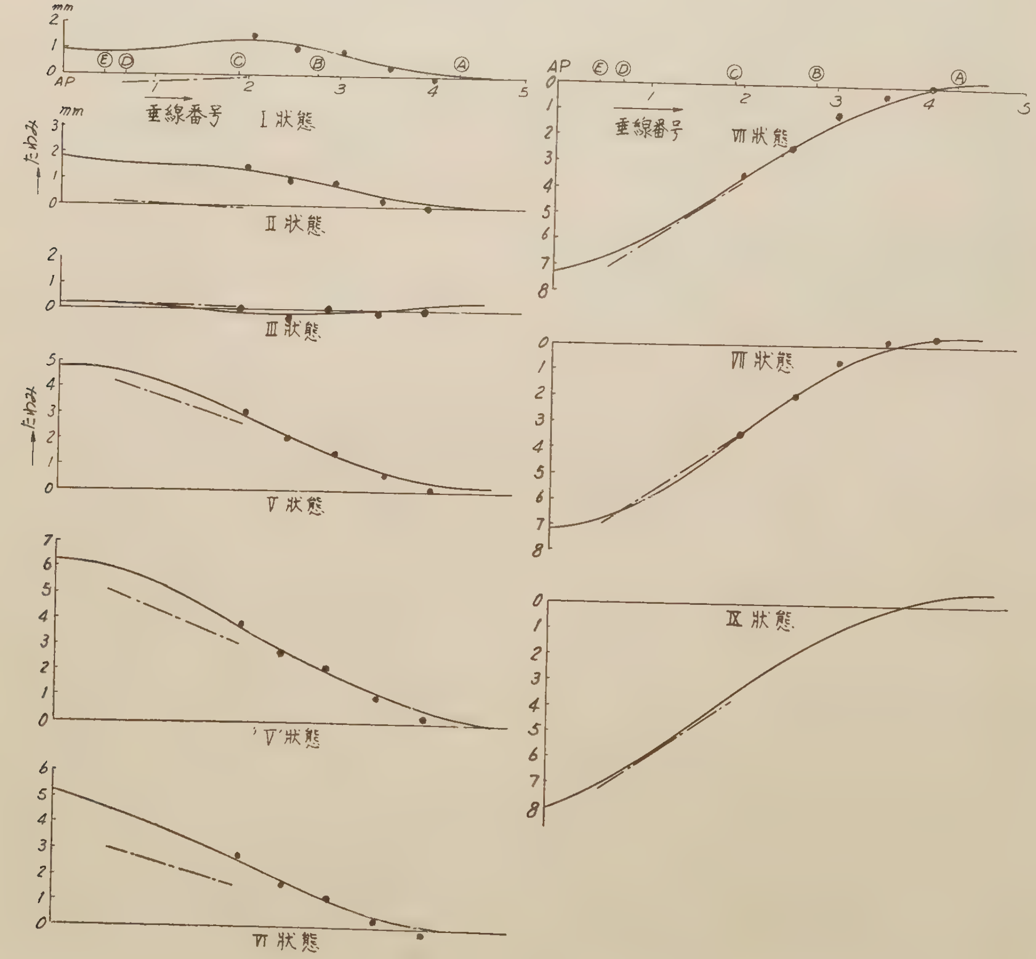


第 16 図

以上のことから、本船がある荷重状態で長時間放置された場合、船体のたわみはその荷重と時間とに比例して或る範囲までの増加が予想され、推進軸系もこれに伴つて曲げ応力が変化していくことが推定される。ただしこのクリープ現象が主として木材の本質的な性質にのみ基くものなのか、或は現在の木船構造に帰因するものなのかは今後更に検討を要する問題であろう。第3表第4行の No. V→No. V′ の場合、即ちたわみがクリープしている場合の E_a, G_a 及び E_a/G_a の値は之等に関する一つの参考資料になり得るものと考える。しかし第16図より想像すれば、船が波浪中で受けるような比較的短時間の荷重の変動に対しては、このクリープ現象を考慮することなく、従来の弾性学の理論をそのまま適用して差支えないのではないかと考えられる。

4) 軸系のたわみ及び曲げ応力について

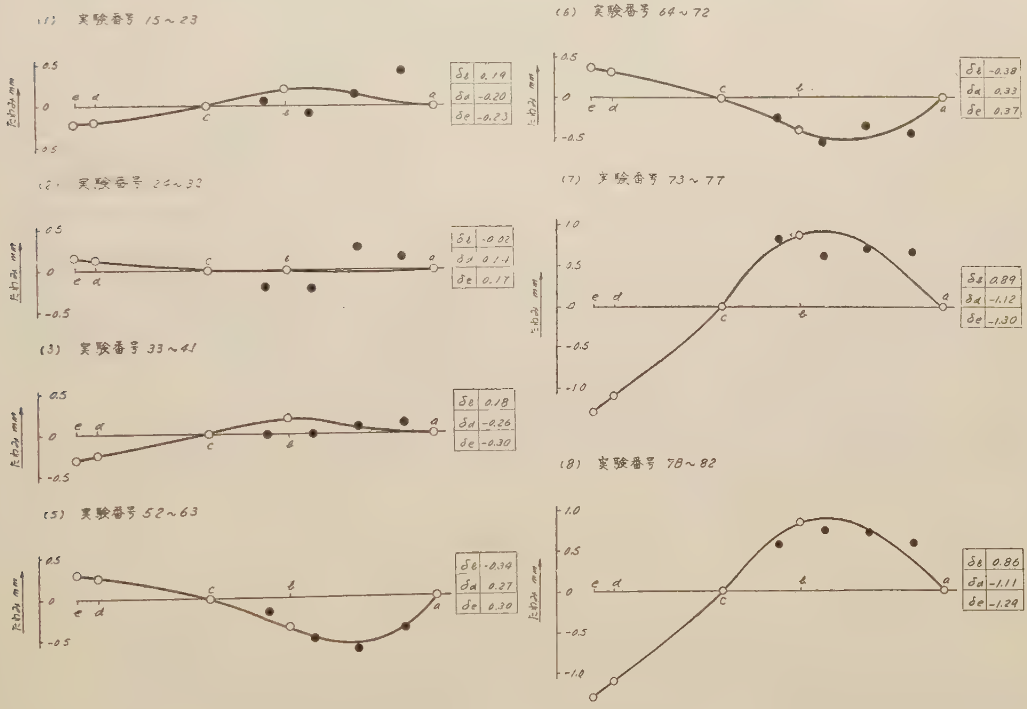
軸系附近の船体及び軸系のたわみを測定する装置は前述のように主機関を基準にしてセット



第 17 図

されているので、第2表の測定値を使い主機関の軸心をベースラインとする船体及び軸系のたわみ形状を各実験状態毎に図示することが出来る。それ等を第17図に示す。同図中の実線は船体の竜骨のたわみ曲線を示し、鎖線は管胴材の位置を示している。又竜骨に対する軸の位置を黒点で示している。これによると、軸系のたわみ形状は測定の誤差範囲内に於て船体のたわみ形状と比較的よく一致している。

一方、軸系のたわみ計測と同時に軸系の曲げ応力が中間軸の4カ所の位置で測定された。その応力分布から梁理論を使つて軸のたわみ形状を求めると第18図の実線となる。同図中に前述した軸のたわみの実測点を入れると黒点となる。これによると、軸のたわみ形状とこれに対応する曲げ応力との関係が測定の誤差範囲内で比較的よく一致している。



第 18 図

以上の結果はごく常識的なものと考えられるが、これらの関係が実測により確認されたことは稀少の例であり、且つこれらが木船の軸系のたわみ及び曲げ応力の大きさ、分布等を知る上の一つの足がかりとなる点に意義があるものと考えられる。

即ち、今木船の軸系が木船船体に極めて密に拘束されているとすれば、軸系は木船船体と同じ曲率で曲げられることが想像される。木船の船体のたわみの曲率は梁理論より第(8)式によつて表わされる。

$$\frac{1}{\rho_h}=\frac{d^2y}{dx^2}=-\frac{M}{E_aI_a}+\frac{\mu}{G_aA_a}\frac{d^2M}{dx^2}=-\frac{M}{E_aI_a}+\frac{\mu\cdot w}{G_aA_a}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

但し　M：曲率を求めようとする位置で船体に加わる曲げモーメント

w：曲率を求めようとする位置で船体に加わる分布荷重

ρ_h：船体の曲率半径

又、軸系の曲げ応力 σ_s と曲率半径 ρ_s との関係は次式で表わされる。

$$\sigma_s=-\frac{r}{\rho_s}\cdot E_s\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

但し　r：軸の半径

E_s：軸材の曲げ弾性係数

前述の仮定により $\rho_s=\rho_h$ とすると、(8)式と(9)式とから次式を得る。

$$\sigma_s=-rE_s\left\{-\frac{M}{E_aI_a}+\frac{\mu\cdot w}{G_aA_a}\right\}=r\cdot\frac{E_s}{E_a}\left\{\frac{M}{I_a}-\frac{\mu\cdot E_a}{G_a}\cdot\frac{w}{A_a}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(10)$$

上式は本船の軸系の曲げ応力を知る為の基本的な式であつて、予め応力を求めようとする部分の E_a, I_a, G_a 及び A_a を求めておけば、M 及び w の変化に応じ、軸の曲げ応力が簡単に計算で求められることになる。しかし実際には軸系を船体に拘束する軸受の数が少く間隔が離れている為、$\rho_s=\rho_h$ の仮定を十分満足させ得ない。又軸受と軸との間隙、E_a, G_a の値の算出の誤差等の存在も或る程度さけ得ない。従つて上式は現在の処 σ_s の値の大略の目安をつける程度にしか利用出来ないものと思われる。

計算の1例として、本実験中 No. IV～No. V′ 間の荷重変化に伴う σ_s の計算値を求め、之を実測値と比較すると第6表となる。

第　6　表

実験状態	No.IV→No. V′	同　左	備　考
軸の位置	垂線番号　2	垂線番号　4	
M(2状態の差)	-1.5×10^5 kg-cm	-4.5×10^5 kg-cm	
w (同　上)	0 kg/cm	7.4 kg/cm	
E_s	2.1×10^6 kg/cm^2	同　左	
E_a	4.28×10^4 〃	同　左	第3表より
E_a/G_a	48.8	同　左	
I_a	1.0×10^6 cm^4	1.3×10^6 cm^4	第11図より
A_a	1.0×10^3 cm^2	0.75×10^3 cm^2	
μ	1.2	同　左	
計算値 σ_s	$\sigma_{s4}=-0.17$ kg/mm^2	$\sigma_{s1}=-1.03$ kg/mm^2	(10)式より
実測応力	$\sigma_4=\ 0.14$ kg/mm^2	$\sigma_1=-1.20$ kg/mm^2	
	〔$=2.54-2.40$ kg/mm^2〕	〔$=-2.35-(-1.15)$ kg/mm^2〕	第2表より

第6表により曲げ応力の計算値と実測値とがかなり近似していることがわかる。ただ同表中 σ_{s4} の値は実測値とややずれて符号が反対になつているが、この誤差を招いた一つの理由として、この位置が上架時の支持点Cに近いことが考えられる。即ち、若し支持反力がこの位置迄分布荷重として影響を及ぼしているとすれば、σ_{s4} の値は実測値に近づいて来ることが σ_s の計算式から知られる。これは木船のように長さに比して截面積の大きい合成梁にあつては、十分あり得ることと思われる。

以上、木船の軸系の曲げ応力について若干解析を試みたのであるが、これ等に関しては未だ本実験に類する実験を数多く行なつて十分な資料を揃えなければならない。特に曲げモーメント及び剪断力の符号が変わる場合の見掛けの E_a 及び G_a の値の低下は、本実験から推定して一般に甚しいものと考えられ、恐らくこれらは木船の釘孔の拡大等によるガタによりもたらされるものであろうと推定されるが、これらの検討が十分なされない限り、木船の軸系の曲げ応力を定量的に把むことは困難なことと考えられる。ただ定性的に木船の軸系の曲げ応力の分布の傾向を把むには第⑽式はよい指針を与えてくれるものと考える。

む　す　び

本実験は木船のたわみ量及びその形状が木船の軸系のたわみ及びその曲げ応力に如何なる影響を与えるかを目的に行われたものであり、ちどりについてこれらに関する多数の測定資料が得られたが、これらを解析の結果木船構造自体についても今後の研究に関し示唆を与えられる点が少くない。解析の結果を簡単にまとめて列挙すると次の通りである。

⑴　ちどりのたわみ形状から算定して、船体を合成梁と見做した場合の見掛けの曲げ弾性係数 E_a 及び剪断弾性係数 G_a の値が求められ、大略次の範囲内にあることが分つた。

$$E_a=6.7\sim9.2\times10^4\ \mathrm{kg/cm^2}$$

$$G_a=1.1\sim2.1\times10^3\ \mathrm{kg/cm^2}$$

$$E_a/G_a=44\sim62$$

なお、$\mu E_a/G_a=20$ と仮定し、ちどりの中央のたわみ量のみから算定した E_a の値は $3.4\sim4.5\times10^4\ \mathrm{kg/cm^2}$ の範囲にあるが、これに対し同じ仮定の下に算出された和船型木船漁船「あかつき」の E_a の値は $1.385\times10^4\ \mathrm{kg/cm^2}$ となつて居り、「あかつき」に比して「ちどり」の E_a の値が著しく大きい。その理由は明かでないが、「ちどり」が全通の上甲板を持つているのが一つの大きな原因ではないかと考えられる。

但し船体に加わる荷重の符号が変つたり、荷重が長時間に及ぶときは、これら E_a 及び G_a の値の範囲は更に拡大されるものと推定される。

⑵　ちどりのたわみ形状から推定すると、本実験の範囲内では、G_a の値は荷重が増すに従い小さくなる傾向を示すが、E_a の値についてはその傾向は明瞭でない。

(3) 本実験に於ては船体のたわみは一定荷重状態下でも時間と共に増加する所謂クリープ現象が見られる。この場合、その荷重を急に取去ると、一時的にはクリープしたたわみ量だけがそのまま残留する傾向が見られる。又そのクリープしたたわみの形状から推定すると、そのたわみの内訳としては、曲げモーメントによるたわみの方が剪断力によるたわみに比してずつと大きい割合を占めていることが想像される。

(4) 前記のクリープ現象の存在に拘らず、短時間内での荷重の変化に対しては、これを無視して、木船を完全弾性体として取扱つて差支えないものと考えられる。ただし、荷重の符号が変る場合はこの取扱いに疑問があるようである。

(5) 今回行つた2点支持による最大荷重は、普通の使用状態で起る可能性のある最大荷重の約3倍程度のものであつたが、十分これに耐えた処から、ちどりの強度は十分余裕のあるものであることが証明された。船体を合成梁と見做した場合の見掛けの安全率を夫々一応算出したが、その数値を算出した方法が固着釘周辺の応力集中を考慮していない等、木船の強度の判定をする上に欠ける点があるので、之等の数値は他船との比較をする上の参考資料に止まるべきものと考える。

(6) 本実験では、軸系が略船体のたわみ形状なりにたわんでいることが明かにされた。これは或る部分の軸系のたわみの曲率が、その位置での船体のたわみの曲率と略等しいと言うことと同様である。これが木船一般に言えると仮定すれば、木船の軸系の曲げ応力を求める基本的な式が(10)式の通り簡単な形で求められる。(52頁参照) この式は軸の拘束条件を考慮せず、又 E_a 及び G_a の値を適確に把み得ない現状では定量的には使えないが、定性的に一つの目安として使うには便利なものと考えられる。

以上、今回の実験により、木船構造の本質にふれる二、三の点について若干の資料が得られたが、これらが木船構造の研究に多少とも資する所があれば幸せである。

おわりに臨み、本実験の実験結果を漁船研究技報に掲載することを快く諒承していただいた社団法人日本舶用発動機会の御厚意に対し心から謝意を表する。

底曳網用諸測定器を使用しての一艘曳機船底曳網の測定実験

葉室親正

Results of Measure Experiments by Several Meters on Net Shape of one-boat Trawl Net (Danish seine net)

Chikamasa Hamuro

ABSTRACT

The writer measured the shape of one-boat trawl net in operation, by several meters such as sensitive net-height self-recorder, self-recording tensionmeters, net-against-water speedmeter and self-recording depthmeter during March 1958 and the same month 1959, in the northern fishing grounds of the Nippon sea.

The following are important results gained by these experiments.

1) The drawing of net should be made after the net has completely touched the sea bottom, the sinking velocity of net being about 0.33 m/sec.
2) The plane shape of the lay of fishing gear exerts influence over the fishing efficiency.
3) Its needed that the net is drawn with suitable velocity so as to keep its shape properly becouse the velocity of net varies every moment when the net is drawn and hauled.
4) The term of the fishing ability is no more than 38% during the whole.

まえがき

以西における二艘曳機船底曳網については従来考案製作した測定器類を、実際の操業時に直接装着しその機能を検討し、暫次改善を加えてきた。一方、同じ底曳網である一艘曳機船底曳網は前者と較べて、その操作が若干異なる。したがつて、二艘曳機船底曳網に適合させた諸測定器がそのまま一艘曳機船底曳網に適合するかどうか疑問である。その適合の度合を調べるために、実際の操業時に前記の諸測定器を直接網に装着して、その適合の度合を調べた。また同時に得られた測定記録を基にして、網成りを考察してみた。今回の実験により得られた資料により、これら測定器類の一艘曳機船底曳網への適正な改善に資する考えである。

1. 実験の概要

イ）期日、場所

昭和33年3月27日

34年3月26日午前5時から7時まで

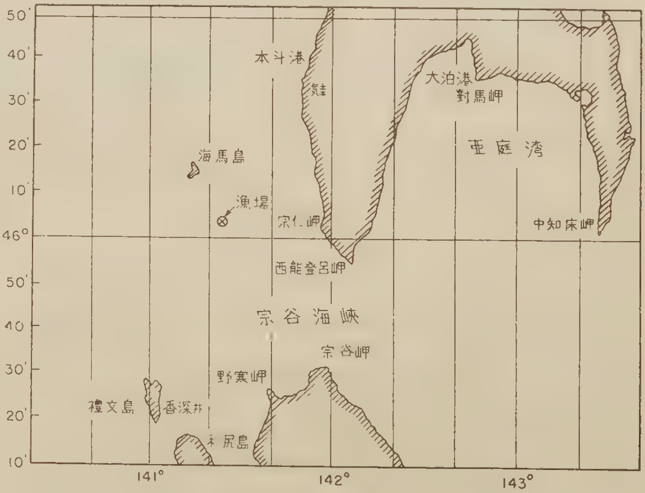
場所　海馬島の 147°18′ 方向 12 浬の点

ロ）実　験　船

漁安丸	総噸数	84.15 噸
	純 〃	34.95 噸
	機　関	300 馬力 Diesel Engine
	推進器	かもめ製 Pitch　956 mm Dia.　1,540 mm
	船　質	鋼製
	装　備	魚群探知機 Radar

（日魯漁業株式会社所属）

ハ）第1回は昭和33年3月25日に実施、第2回は翌34年3月26日午前4時に、第1図に示した漁場に到着、第2図に示した要領で諸測定器類を漁具に装着し準備を完了、午前5時に曳索端の樽を投入して第5図に示す要領で曳索、網、曳索の順で投入し、再び午前5時17分に前記の樽を拾い、両曳索を船尾に繋止して、針路 NNW で曳網を始めた。曳網開始点に Radar の反射板を装着した標識竿を設置し、爾後の曳船と曳網開始点との距離を測定し、曳網線の状況を監視し、ほとんど NNW に合致して曳網航走したことを確認した。


50′
40′
30′
20′
10′
46°
50′
40
30′
20′
10′
141°
142°
143°
本斗港
大泊港
對馬岬
亜庭湾
海馬島
漁場
宗仁岬
中知床岬
西能登呂岬
宗谷海峡
宗谷岬
野寒岬
禮文島
香深井
利尻島

第1図　漁　場　図

なお、当時の海況は次の通りである。

風向　SSE　　風速　2 m/sec

潮流　微弱なものが SE から NW へ流れており、海況は割合静穏であつた。

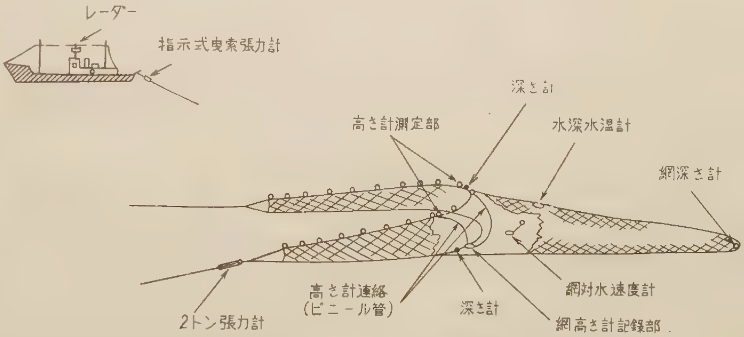
また、水深は 110～120 m で、底質は Fine Sand であり、海底の水温は ＋4°C であつた。

ニ）測定に使用した測定器類とその装着要領

使用した測定器類は漁船研究室において、設計試作してきた底曳網用のものであり、その名称は次のようである。

高感度自記式 2 点網高さ計	1 台
自記式網深さ計	5 台
〃　網用水深水温計	1 台
〃　網対水速度計	1 台
〃　G.R. 用張力計	1 台
指示式曳索張力計	1 台

これら測定器類の装着要領は第 2 図に示すようである。なお、この他に使用したものは簡易距離計、海洋観測用角度計及び Radar 等である。


レーダー
指示式曳索張力計
深さ計
高さ計測定部
水深水温計
網深さ計
網対水速度計
高さ計連絡
(ビニール管)
深さ計
網高さ計記録部
2トン張力計

第　2　図

ホ）漁　具

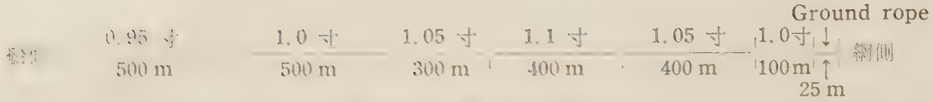
i) 曳　索

使用した曳索はすべて Manila hawser で、全長は 4,400 m その構成は第 1 表、第 3 図に示す。

第 1 表　曳索の構成（片側分）

材　料	直　径	長　さ
Manila rope	1.3 寸	25 m （ただし Ground rope）
〃　〃	1.0 〃	100 〃
〃　〃	1.05 〃	400 〃
〃　〃	1.1 〃	400 〃
〃　〃	1.05 〃	300 〃
〃　〃	1.0 〃	500 〃
〃　〃	0.95 〃	500 〃
計		*2,225 〃

* Ground rope の 1/2 長を含めた片側分の曳索長を示す。


Ground rope
0.95 寸
500 m
1.0 寸
500 m
1.05 寸
300 m
1.1 寸
400 m
1.05 寸
400 m
1.0寸
100m
25 m
網側

第3図 曳索の構成

ii) 網漁具

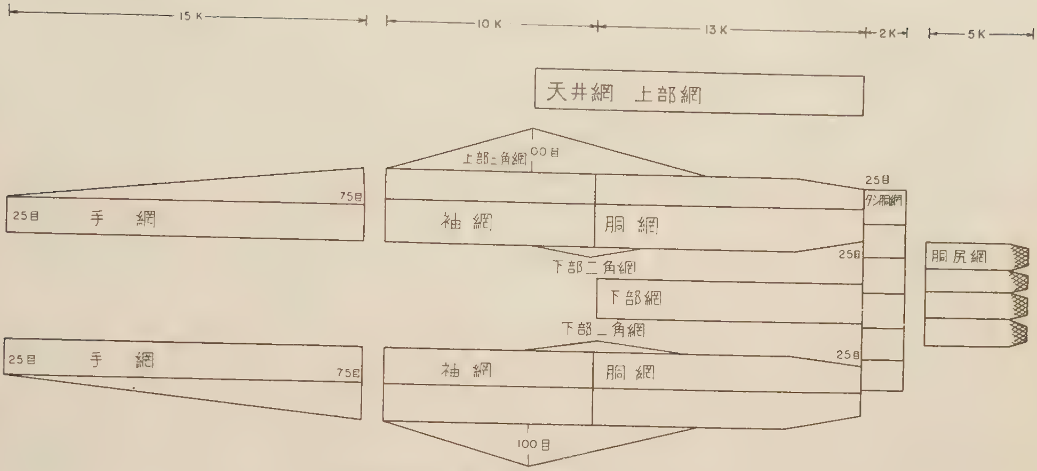
今回使用した網具は第2, 3表に、その構成は第4図に示す。

第2表 所要網地の一覧表

	綿網地
手網	♯ 15×4 寸× 75目×16.5K切×2反
天井 〃	♯ 7×2.5寸×100目× 3.8K切×1反
上部三角 〃	♯ 7×2.5寸×100目×18 K切×2反
下 〃 〃	♯ 8×2.5寸× 25目×72 K切×2反
上部 〃 〃	♯ 7×2.5寸×100目×14.4K切×1反
袖 〃	♯ 7 又は 8×2.5寸×175目× 2.5K切×2反
胴 〃	♯ 7 又は 8×2.5寸×175目×14.4K切×2反
タシ胴 〃	♯ 12×2 寸×100目× 2 K切×6反
胴尻 〃	♯ 25×2 寸× 75目× 5 K切×4反
下部 〃	♯ 8×2.5寸×100目×14.4K切×1反

第3表 網類

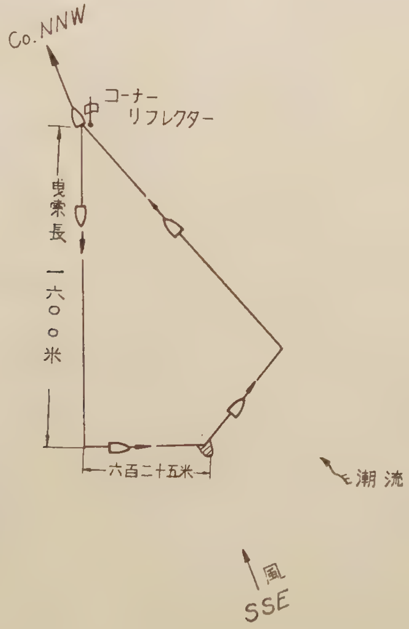
部位＼項目	名称	要目			
手網用	浮子棚	Manila rpoe	6分	16K	2本
	下棚	〃	9.5分	19K	〃
	足定棚	〃		〃	〃
	下棚トワイン	Manila twine	24匁	20K	〃
	目通し糸	〃 〃	5匁	〃	〃
	手本棒	3尺×3寸×2寸			〃
	山網	3分 wire rope		4K	〃
	〃	古 5分 rope		〃	〃
	捩戻し	2個 連結鐶			2個
	浮子	硝子玉 4寸 2尺間隔			82個
	沈子	瀬戸足 50匁 2尺5寸			間隔72個
胴網用	浮子棚	Manila rope	5分	18K	
	沈子棚	〃	6分	23K	
	力網	〃		10.5K	2本
	筋縄	〃	5分	15.5K	4本
	沈子定棚	Manila twine	24匁	30K	
	足定棚	〃 〃	12匁	35K	
	浮子	硝子玉 4寸玉 2.5尺間隔			37個
	沈子	瀬戸足 30匁 1Kに 8~10個 その他 twine 2匁		20K	230個
補充用	筋縄	Manila rope	6分	6K	4本
	八百	〃 twine	12匁	10K	


15 K
10 K
13 K
2 K
5 K
天井網　上部網
上部二角網
00目
75目
25目
手　網
袖　網
胴　網
25目
ダシ胴網
25目
胴尻網
下部二角網
下部網
下部二角網
25目
手　網
75目
袖　網
胴　網
25目
100目

第4図　網漁具の仕立

へ）投網状況

投網平面形状は第5図に示すようである。


Co. NNW
コーナーリフレクター
曳索長　一六〇〇米
六百二十五米
潮流
風
SSE

第5図　投網平面状況

2.　測定値と測定諸元の変化

諸測定値を第4表に第6図はそれら測定諸元の変化を示す。

第4表 測定値

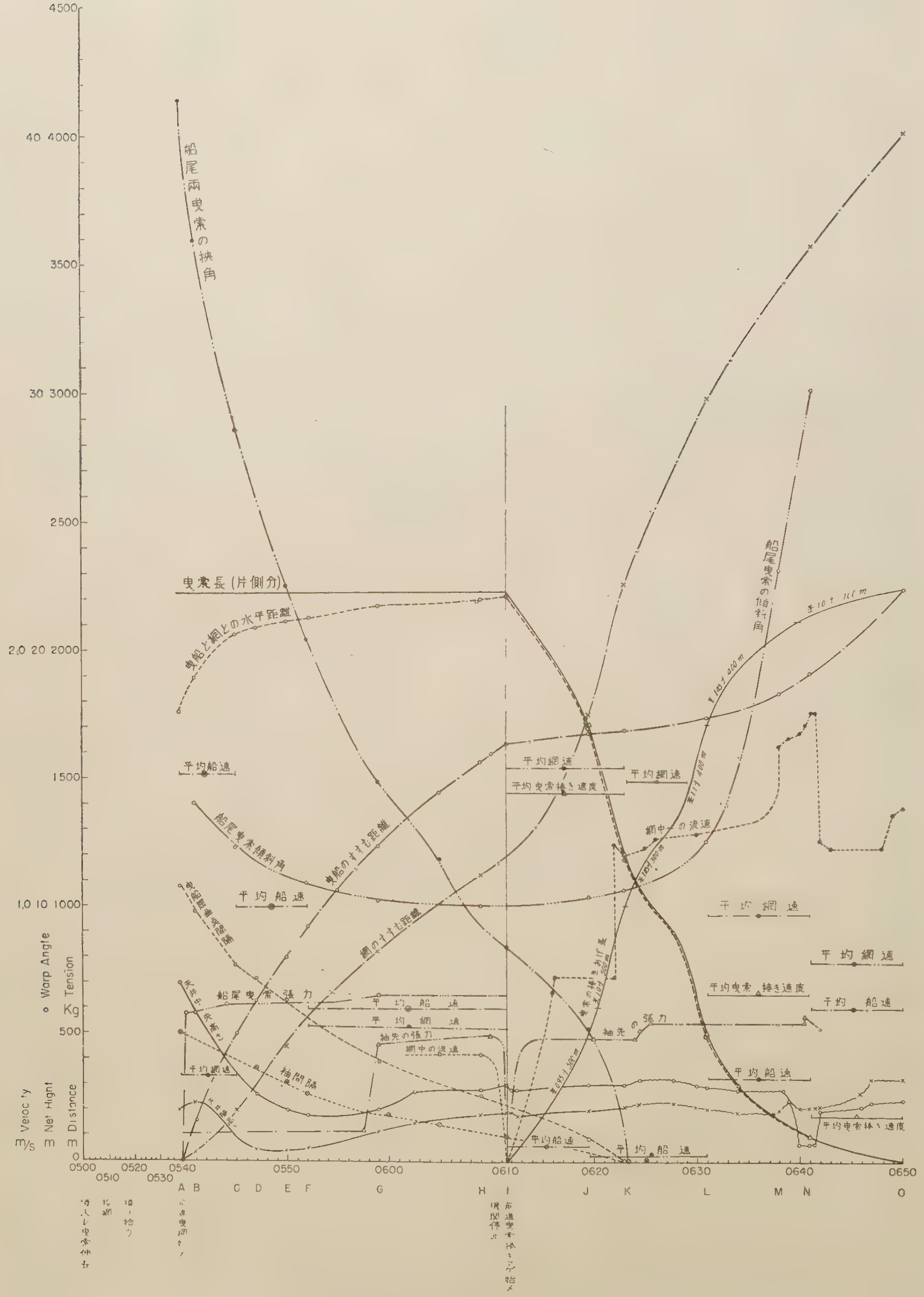
	項目 時間	操作	曳索の伏角	曳索の挟角	曳索の屈曲点間隔	曳索の張力	袖端の張力	曳船と網との距離	曳船の進む距離	網の進む距離	曳船の速度	網内の流速	網高さ		袖間隔	曳索長	曳索の巻き揚げ長	作図から求めたもの		
													天井中央	天井脇				船速	網速	巻き揚げ速度
	（単位）		度	度	m	kg	kg	m	m	m	m/s	m/s	m	m	m	m	m	m/s	m/s	m/s
	05 00	樽投入，前進曳索伸長開始																		
	5.5	折れる																		
	7	機関停止惰力前進																		
	8	投網，前進一杯，曳索伸長																		
	10.5	折れる																		
	13.5	（網が着底）																		
	17	樽をつかまえる																		
	20	Radar 用反射板を投入																		
	23																			
	25																			
	29																			
	30																			
	35																			
A	39.5	前進（230 R/m）曳網開始	15	41.4	1080			1760	0	0			7	2.0	50	2225				
	40					580														
B	41		14	36	980	620		1890	160	30			5.8	2.3					$\frac{500}{330} = 1.51$	$\frac{200}{330} = 0.33$
	41.5																			
	42																			
	44					620														
C	45		12.3	28.6	770			2060	500	200										
	46																			
D	47		11.7	26	710			2085	625	300			2.6	0.45	36.5					

	項目 時間	操作	曳索の伏角	曳索の挟角	曳索の屈曲点間隔	曳索の張力	袖端の張力	曳船と網との距離	曳船の進む距離	網の進む距離	曳船の速度	網内の流速	網高さ		袖間隔	曳索長	曳索の巻き揚げ長	作図から求めたもの		
													天井中央*	天井脇*				船速	網速	巻揚げ速度
	（単位）		度	度	m	kg	kg	m	m	m	m/s	m/s	m	m	m	m	m	m/s	m/s	m/s
	05 47.3																			—
	48.5																			
E	50		11.2	22.5	630	630		2110	800	450			2.0	0.4	31			420 420 = 1.0	365 420 — 0.83	
	51					620					0.72									
F	52		10.9	20.4	580			2125	920	565			1.8	0.55	26.5					
	53										0.8									
	55								1060											
	55.5								1150											
	57.5																			
G	59		10.2	14.8	390	650	460	2175	1230	825			2.0	1.15						
	06 00														18					
	2.5																			
	4												2.7	1.5				710 1170 = 6.0	620 1170 — 0.53	
	5			11.8		650	450		1440			0.42			14.3					
	6																			
	7						490													
	8.3																			
H	9		10	9.2	260			2195	1560	1125		0.42	2.8	1.85						
	10						490		1590											
	10.3	機関停止，張力計を外す																		
I	11.5	曳索巻き始め (215 R/m)	10	8.4	230	650		2205	1630	1185	0.0		3.0	1.9	10	2225	0			
	12												2.8	1.9						
	12.5												2.8	1.8						
	13.2																			
	15.5																			

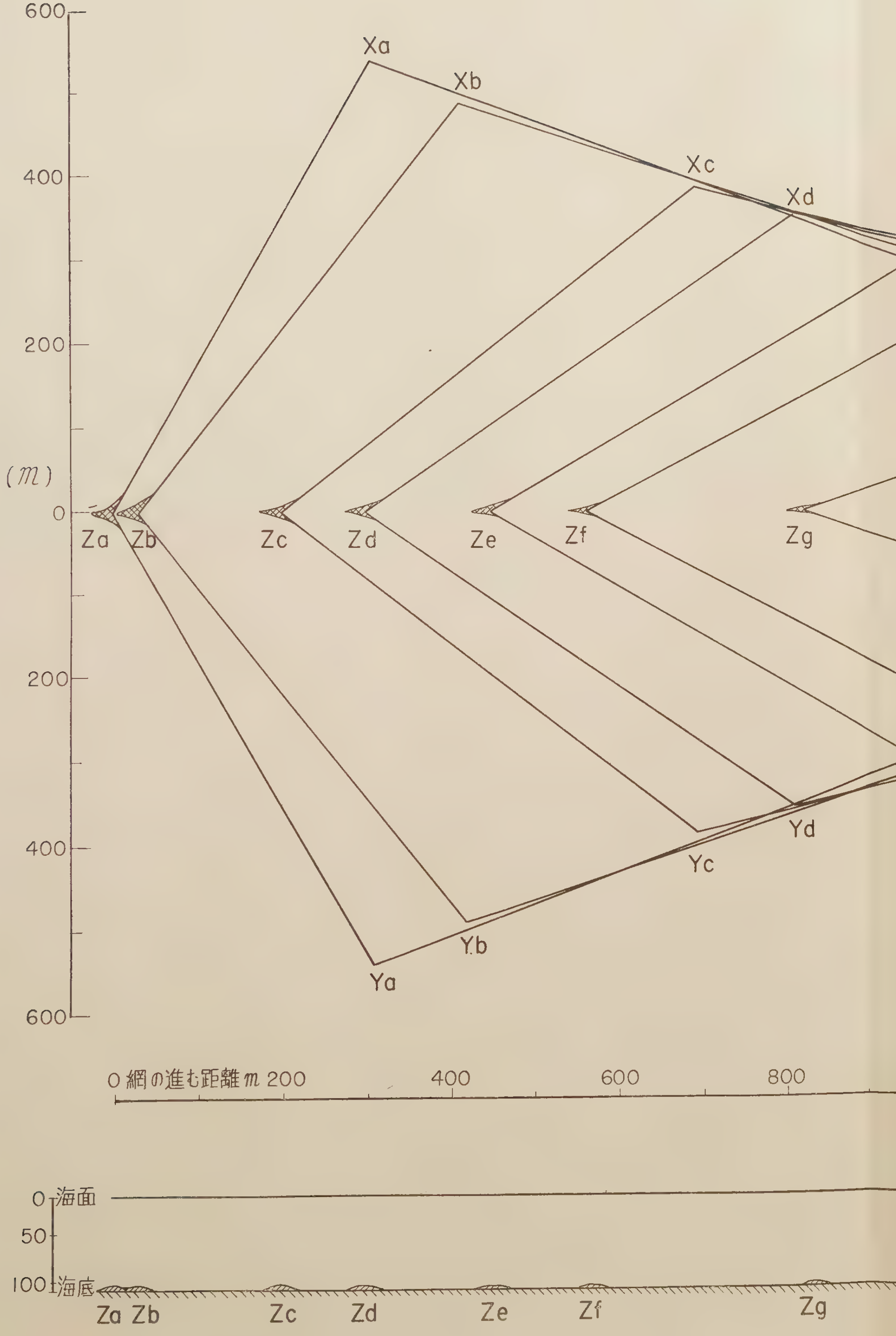
* 天井中央，天井脇とはそれぞれ天井前縁中央，天井前縁脇を意味する。

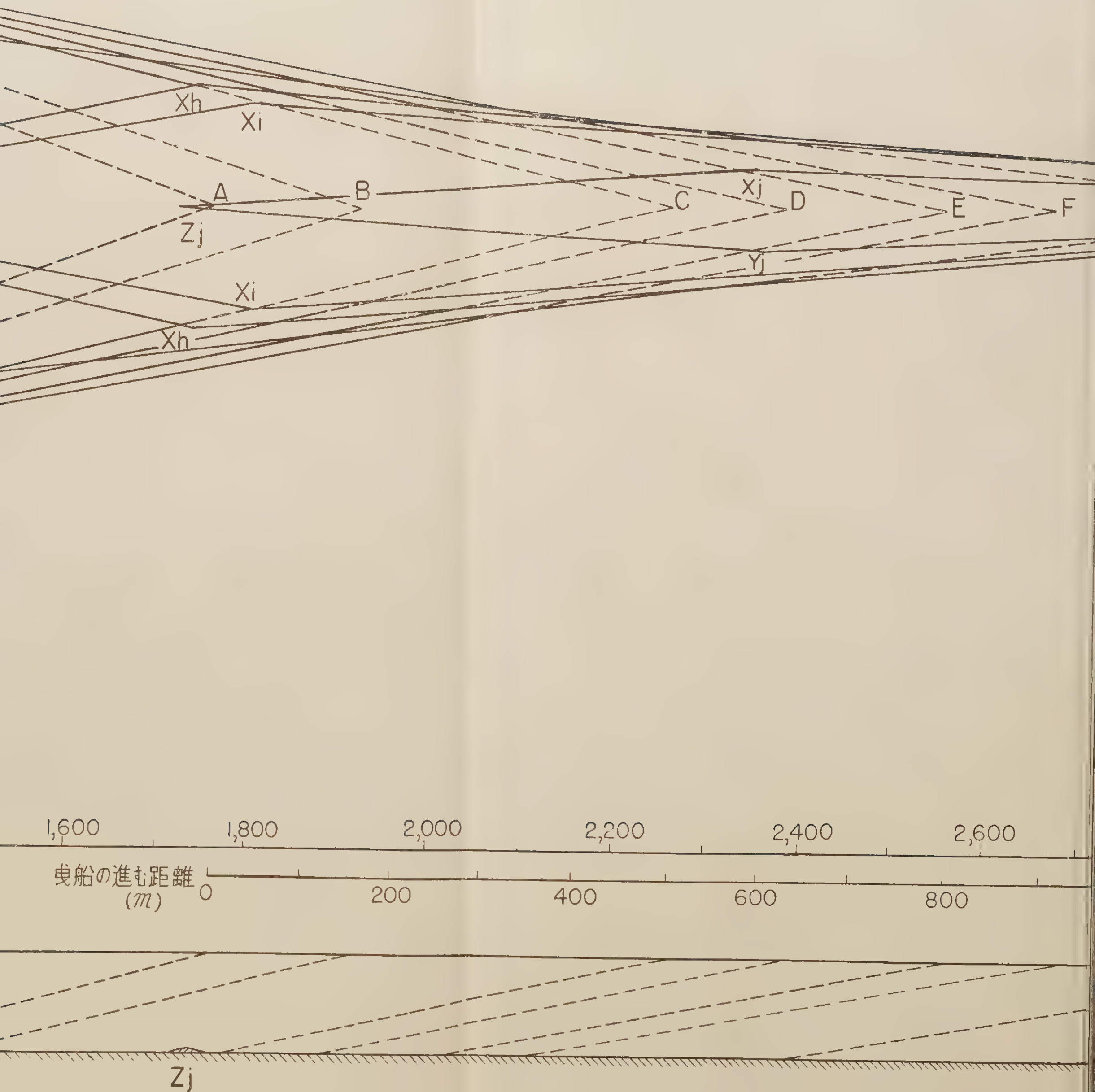
	項目 時間	操作	曳索の伏角	曳索の挟角	曳索屈曲点の間隔	曳索の張力	袖端の張力	曳船と網との距離	曳船の進む距離	網の進む距離	曳船の速度	網内の流速	網高さ		袖間隔	曳索長	曳索の巻き揚げ長	作図から求めたもの		
													天井中央	天井脇				船速	網速	巻き揚げ速度
	(単位)		度	度	m	kg	kg	m	m	m	m/s	m/s	m	m	m	m	m	m/s	m/s	m/s
	06 16										-0.025	0.66								
	16.2											0.62								
	17.2																			
J	19.5		10.3	5.2	190			1690	1670	1740			3.0	2.0		1700	525	$\frac{50}{690}=0.07$	$\frac{1067}{690}=1.54$	$\frac{1000}{690}=1.44$
	20						480													
	21.2																			
	21.5											0.72								
	22										0.06	1.23								
K	23		10.6		3			1180	1680	2250		1.20	変動が 3.0	始まる 2.2	3	1200	1025			
	23.5			0																
	24						480													
	24.5						510						3.2	2.25						
	25										0.14	1.25								
	25.2																			
	25.5						540													
	26											1.26						$\frac{23}{690}=0.033$		
	27																			
	27.8										0.25	1.28	3.2	2.3		900	1325			
	30												3.0	2.15					$\frac{713}{480}=1.48$	$\frac{700}{480}=1.45$
L	31		12.5					490	1703	2970			2.95	2.1		500	1725			
	31.3																			
	34												2.8	1.95						
	35										0.33	1.13								
	36																			
	37											1.38						$\frac{197}{600}=0.33$	$\frac{587}{600}=0.97$	$\frac{400}{600}=0.66$
	37.5											1.5		1.95						
M	38		23						1825			1.62		2.0		180	2045			

	項目 時間	操作	曳索の伏角	曳索の挾角	曳索の屈曲点間隔	曳索の張力	袖端の張力	曳船と網との距離	曳船の進む距離	網の進む距離	曳船の速度	網内の流速	網高さ		袖間隔	曳索長	曳索の巻き揚げ長	作図から求めたもの		
													天井中央	天井脇				船速	網速	巻き揚げ速度
	(単位)		度	度	m	kg	kg	m	m	m	m/s	m/s	m	m	m	m	m	m/s	m/s	m/s
	06 38.5												2.8							
	39											1.65	2.4	2.4						
	40						540					1.67	0.7	2.15						
	40.5						540					1.7								
N	41		30				560	100	1900	3560		1.75	0.7	2.13		100	2125			
	41.5											〃	0.7	2.15						
	42											1.2	2.0	2.15						
	43											1.22								
	45.5																			
	46										0.66		2.2	2.7				$\frac{324}{540}=0.6$	$\frac{425}{540}=0.78$	$\frac{1000}{540}=0.185$
	46.5																			
	47												2.3	3.2						
	48											1.22								
	49											1.35								
O	50	手木が船尾へ						0	2225	3985		1.38	2.4	3.2		25	2225			
													急増			G.R.長のみ残る				



第 6 図　測定諸元の変化状況


600
400
200
(m)
0
200
400
600
Xa
Xb
Xc
Xd
Za
Zb
Zc
Zd
Ze
Zf
Zg
Ya
Y.b
Yc
Yd
0 網の進む距離 m 200
400
600
800
0 海面
50
100 海底
Za Zb
Zc
Zd
Ze
Zf
Zg


Xh
Xi
A
B
C
Xj
D
E
F
Zj
Yj
Xi
Xh
1,600
1,800
2,000
2,200
2,400
2,600
曳船の進む距離
(m)
0
200
400
600
800
Zj

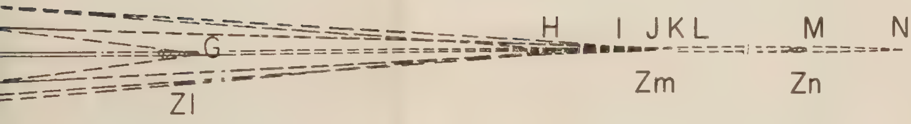
第 7 図　全漁具の水平面及び側面形状の推移

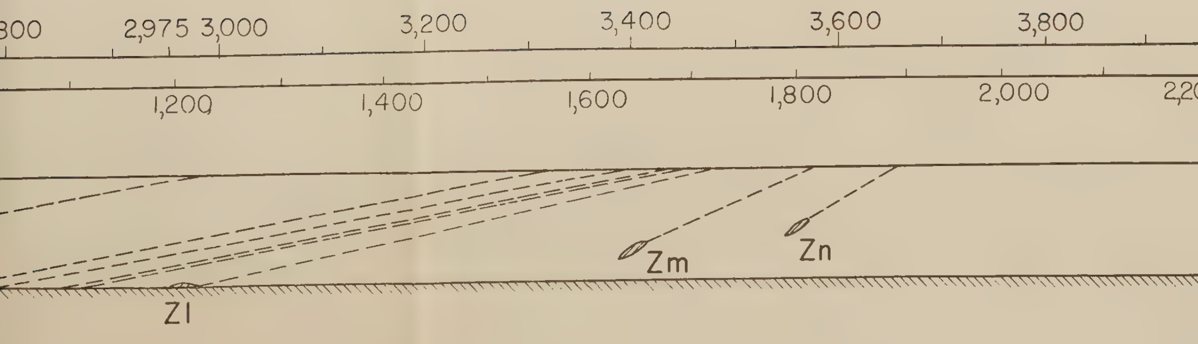
A～O	曳船の位置
A～I	曳網中
L～O	曳索捲きとり中
Xa～XJ	曳索の屈曲点
Ya～YJ	
Za～Zo	網の位置

曳　索　長（片側分）

XaZa	625m (25mのG.R.長を含む)
AXa	1600m

A→B	0539.5	→	0541	1.5
〃→C		→	0545	5.5
〃→D		→	0547	7.5
〃→E		→	0550	10.5
〃→F		→	0552	12.5
〃→G		→	0559	19.5
〃→H		→	0609	29.5
〃→I		→	0611.5	32
〃→J		→	0619	39.5
〃→K		→	0623	43.5
〃→L		→	0631	51.5
〃→M		→	0638	58.5
〃→N		→	0641	61.5
〃→O		→	0650	70.5


H
I
J
K
L
M
N
G
Zl
Zm
Zn

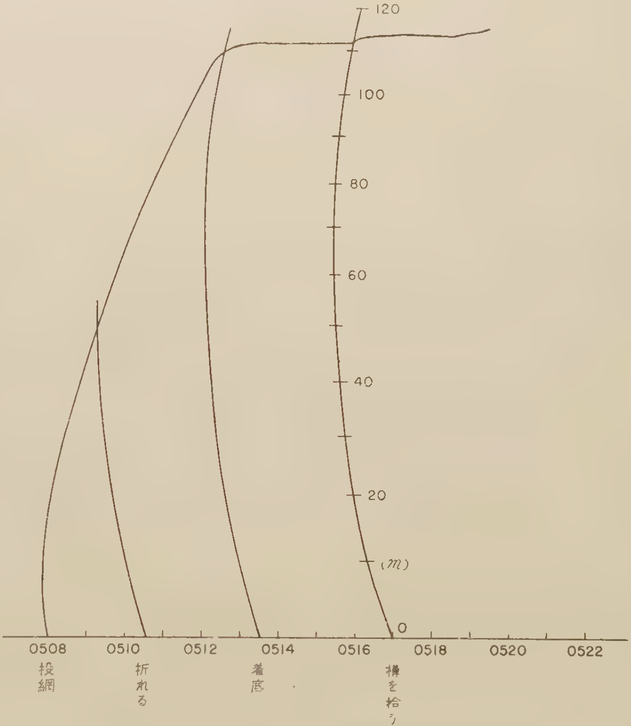

300
2,975
3,000
3,200
3,400
3,600
3,800
1,200
1,400
1,600
1,800
2,000
22
Zm
Zn
Zl

3. 考察

曳船と網との移動状況、並びに曳索形状をその時々に応じて作図したものを第7図に示す。これらは曳網開始点に投入した Radar 用反射板を Radar により測距したものを基とし、加えて船尾における曳索の挟角と傾斜角によつて作図したものである。なお、この際曳索屈曲点と曳船または網とは仮に直線で結んだ。実際は投網形状以後はこれら曳索屈曲点及びその前後の曳索はゆるやかな曲線であろうと考えられるが、これは現在知る由もない。

i) 網の沈降速度と網の着底時期並びに曳網開始時期との関係

網の沈降速度は第2図に示されるように、head rope に装着した深さ計により得られた記録から求められる（第8図）。すなわち、投網時刻が 05^{08} で、記録された深さが一定となつた時刻 $05^{13.5}$ が網の着底時刻とみなすことができる。投網から着底までの時間は 5.5 分 (330 秒) である。この時の水深はほぼ 120 m であるが、天井中央部の高さだけ差引いた約 110 m が網の沈降水深になる。したがつて、網の平均沈降速度は $\frac{110}{330}=0.33$ m/sec であることが知れる。



第 8 図　Head rope 中央に装着した深さ計の記録

網が投下されてから約1分間は割合に大きい速度で沈降し、その後速度は若干小さくなつていることが記録から知れる。これは投網直後の曳索の伸長状況が、網の沈降を制禦しないような状態であつたためと考えられる。また、曳索伸長途中の屈曲点附近から（今次のものでは $05^{10.5}$）しばらく後に網の沈降速度の低下がみられる。この理由は不明である。

次に曳索伸長（広義の投網）が終了した時、網及び曳索はどの程度沈下しているか検討してみる必要がある。この実測の場合、網は明らかに曳索伸長終了以前に着底しているが、水深の変化によつてどのようになるかを考えてみる。網の沈降速度は網ごとに、また潮の流れ及び曳索の伸長状況等により異なるであろうが、今回の実測値 0.33 m/sec を仮定して各水深についての網の着底までの所要時間を求めて、曳索伸長終了（投網から後半片側曳索の伸長所要時間）ま

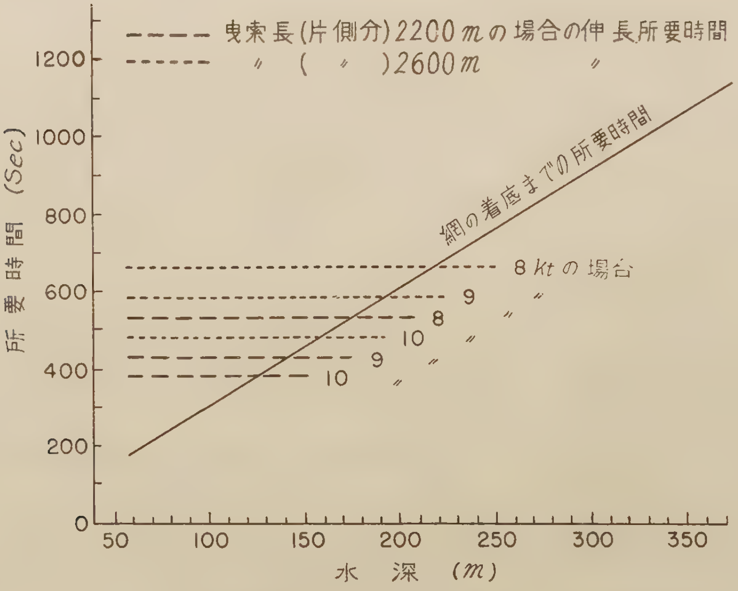
での時間と比較してみる。ただし、曳索伸長中の曳船速度は 8 kt (0.4 m/sec)、9 kt (4.5 m/sec)、10 kt (5 m/sec) の三種類について考察する。

第5表は前記各速度、各水深別の場合の網の着底所要時間と曳索伸長所要時間との計算値であり、第9図はこの関係を示すグラフである。

第9図に示したように、今次の場合は水深（測定点までの）が 110 m であつたから、網が着

第　5　表

項目 水深	網の着底までの所要時間	曳索の伸長所要時間					
		曳索長 2,200 m の場合			曳索長 2,600 m の場合		
		8 kt	9 kt	10 kt	8 tk	9 kt	10 kt
50 m	150.1 sec	550 sec	488 sec	440 sec			
70 〃	210.2 〃	〃	〃	〃			
90 〃	270.2 〃	〃	〃	〃			
110 〃	330.3 〃	〃	〃	〃			
130 〃	390.3 〃	〃	〃	〃			
150 〃	459.4 〃	〃	〃	〃			
170 〃	510.5 〃	〃	〃	〃			
200 〃	600.6 〃	〃	〃	〃	650 sec	577.8 sec	520 sec
220 〃	660.6 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
250 〃	750.7 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
270 〃	810.8 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
300 〃	900.9 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
350 〃	1,051.0 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃



第　9　図

底するのに330秒を要しており、曳索伸長に440秒(10 kt の場合) かかつている。したがつて、曳索伸長終了前110秒(=440秒−330秒)に網が着底しているので問題は生じない。通常曳索伸長終了して、曳網開始までに樽拾いと曳索端の Bit への打ちかけ作業に3分間を要している。

今、仮に曳索長及び曳索伸長時の船速を実験時と同様として、曳網開始時にまだ網が着底しない水深を求めると次のようになる。すなわち、曳索伸長所要時間440秒と曳索伸長終了時から曳網開始までの作業時間180秒を加えると620秒となる。この620秒に該当する網の着底所要時間の水深を第9図で求めると204 m になる。したがつて、水深204 m のところで操業したとすれば、曳網開始と同時に網が着底することになる。204 m 以上の水深の海域では、曳索伸長終了から曳網開始までの所要の待機時間をおく必要がある。今次の実験の場合は Radar 用反射板の敷設等特別な作業があつたため、この待機時間が22.5分間の永きにわたつた。網の着底以前に曳網することは、以西の二艘曳機船底曳網の場合も同様であるが、折角の曳索打回し形状が無駄に狭くなるのと、網の着底時期が更に遅れ海中を網が斜めに滑走するので漁獲能力がこの間発揮できないことになる。

以西の場合のように水深が100 m またはそれ以下のような浅い場合より、以東の場合は遙かに深い水深の海域が多いので、この点は特に留意して操業しなければならないと思われる。許されれば自己の使用する網の沈降速度を予め測定して、第9図のようなグラフを作製しておくことがよろしいと思われる。

ii) 投網完了時の漁具の状態

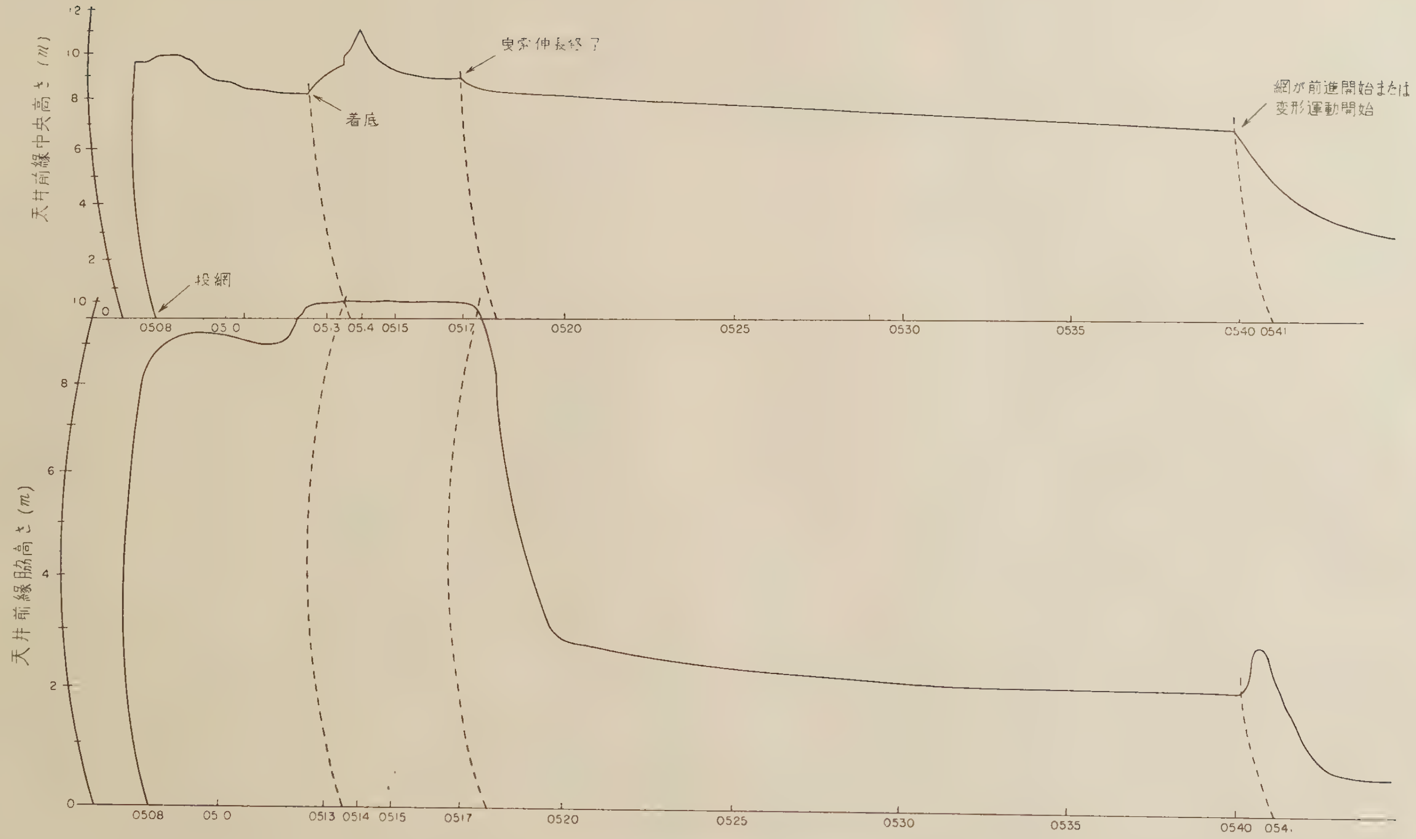
第7図に示した A, Xa, Za, Ya, A が投網完了時の平面形状であつて、A は曳船を、Xa, Ya は曳索の屈曲点を、Za は網を示す。また、曳索のうち海中を斜行する部分を点線で、接地部分を実線で示した。なお、同図下段は、曳船の進んだ距離、船尾曳索の傾角、挟角をそれぞれ Radar 及び角度計で測つた値を基として作図した全漁具の側面図である。

実際は Xa, Ya 等の屈曲点附近は図のように角張つたものではなく、ある程度の丸味を持つたものであると考えられるが、作図では直線で結んである。

第10図は天井中央部と天井脇部の ground rope からの鉛直高さの変化記録である。ただし、投網から曳網開始後までの部分である。

網の着底と同時に高さが増加しているが、これは ground rope が着底したため、沈降中の不定な姿勢から着底した安定した姿勢になり、網高さが天井部に装着した浮子の浮力によつて静止状態の高さになるためであろう。

次に曳索伸長終了時の網高さが天井中央部で8.8 m、天井脇高さで10 m となつている。ただし、これは記録限界点で抑えられているので、これまでの実際の天井脇高さは10 m もしくはそれ以上である。天井中央部より天井脇部が曳索伸長終了時は約1 m 高くなつているが、その後急に高さが減じているので、これは着底時の網の姿勢の1時的異常によるものと解される。



第 10 図　投網から曳網開始後までの網高さの変化記録

その後曳網開始時には両者は低下して、それぞれ 7 m と 2 m とになつている。この理由は、反射板設置その他の待機作業時間が永く、約 22.5 分間かかつたので、第 5 図に示すように船尾側からの風、潮で曳船が曳網方向に流され、その影響が網に及んだのではなかろうか。あるいは、海底の潮流が海表面と反対にごくゆるく流れておつたとすれば、袖部の抵抗のため両袖間隔が拡がり、身網の流体抵抗による天井部高さの減少とも合わせて、ごく除々に網高さの減少（天井中央部で 22.5 分間に 1.8 m 減少）をきたしたとも考えられる。

次に曳索の接地長は 1,780 m で、上昇部分は 420 m である。また、曳索屈曲点間隔は 1,200 m である。この場合前進方向に正対している接地曳索長は 600 m であり、その部分の曳索の直径は、網から 100 m の間は 1.0 寸、100 m から 500 m までの間は 1.05 寸、500 m から 600 m までの間は 1.1 寸である。

屈曲部に chain または手石を装着する手操網があるが、この目的は曳網時できるだけ屈曲点間隔を小さくしないことにあつて、田内[1] によれば手石の有無及び曳索直径の大小は、曳網の初期のある距離までは屈曲点間隔に響影がないが、その期間を過ぎると、これらの要素は屈曲点間隔の縮みかたに相当な影響があるとしている。これらのことから今次の曳索構成をみると、ちようど屈曲点に直径 1.1 寸差がきており、その両側に 1.05 寸が入れてある。このことは一応前記の目的に叶つているが、更にこの部分を蕊入（wire を中心に入れる）りとするか combination wire として、その flexibility を減少させる方がよろしいのではなかろうか。

iii）曳網中の漁具の運動状態

曳網時の漁具の現象を次の二つに分けて考察してみる。

イ）曳網開始時と網の前進開始時との関係

曳網開始時刻は $05^{39.5}$ であるが、第 6, 10 図に示されるように、網高さ（天井中央部、天井脇とも）は 05^{41} に急低下している。このことは必ずしも網の前進を意味するとは断言できなく、曳索によつて横方向に引つ張られるために起る網 (G.R.) の変形現象と考えることが一応従来の考え方かも知れない。しかし、一方網の内側に装着した速度計もほとんど時を同じくして働いている（ただし、この速度計の記録範囲は 0.7～2.0 m/sec であるので、ただ作動していることだけがわかり、その絶対値は不明）ことを考えあわせるとむしろ網が前進を起したと解釈するのが適当のように思われる。この現象は以西の二艘曳機船底曳網でも全く同様であつて、まず曳索がある程度狭ばまつてある限界にきて始めて網が除々に前進を始めるであろうとの物理常識に一応反する結果のように思われる。

この現象は以西の二艘曳機船底曳網でも全く同様であつて、まず曳索がある程度狭ばまつてある限界にきて始めて網が徐々に前進を始めるであろうとの物理常識に一応反する結果のように思われる。また、実際底面の割合滑らかなところでの模型実験結果もこの通則に反しない結果を示している。

しかし、筆者は二艘曳機船底曳網の場合でも論じたように、接地曳索が海底の泥または細砂に埋まるような底質の場合は、全曳索がちようど半剛体に近い条件を持つことになり、曳船の前進が網の前進に若干作用するのではないかと考える。また、例え網の変形運動であつたとしても、上記の物理通則にしたがえば、曳船の前進の影響は途中の曳索の狭ばまりに費され、到底網に影響を及ぼすことはない筈である。このように実際に影響を及ぼしている事実はすでに曳索を通じて網にある種の力が働いたことになるわけで、それが横方向成分のものであるか、横及び前進方向の両成分の組み合わせいかんにかかるわけである。また、船尾曳索にかかる張力も袖端にかかる張力も、明らかに前進している時刻のそれと大差のない張力を $05^{40.5}$ に記録していることも、この頃すでに網が前進していることを推測する有力な根拠となるであろう。

ロ）曳網中期の網成り及び全漁具形状

曳網開始後 12 分（天井中央部の場合）及び 10 分（天井脇部）後に網高さが最低を記録し、再び除々に高さが増大している。

このことは第 6 図にみられるように、曳船速度が曳網初期において、05^{45} 前後を頂点として最高となり、それを過ぎると除々に減じている。これは曳船の推進器の回転数が 230 rpm であるのに対して、最初は両曳索屈曲点間の狭ばまりが急であるから、そのための網と曳船との距離の伸びが大であるからと考えられる。

一方、網の前進速度もかなり大であることと、両曳索を通じて袖端を横に引つ張る成分も最初は大であるから、網の高さは急に減少してゆくのであろう。

次に上記の時刻を過ぎると網高さが除々に増大してゆき、曳網開始後 32 分目の $06^{11.5}$ には天井中央部高さ 3 m、天井脇高さ 2.4 m に達している。しかし、それまでには網高さの安定はみられない。網高さの安定に要する条件は袖間隔と曳網速度（実際はこの場合網の対水速度）が一定でなければならない。しかるに袖間隔は曳索屈曲点間隔の狭ばまりにつれて狭くなつてゆき、そのために網高さは増大し、また網の対水速度も次第に減少しているので、このためにも網高さは増大する。この両者が網高さを増大させる方向にあるので、この期間は網高さが一定にならず増大傾向となるのであろう。

また、この期間は接地曳索長は平均 1,650 m で、斜行曳索長は長くなつて平均 550 m となつている。

次に袖間隔は第 6 図に示したように、曳網開始時が 40 m で次第に縮み、揚網開始時には僅かに 8 m となつている。ただし、この袖間隔は第 7 図に示したように、曳索形状をすべて直線で結んだ場合で、実際は曳索が湾曲しているであろうから、袖間隔も若干づつ広くなる筈である。この広くなる量は最初の場合大体 10 m 前後であろうことが作図上から推定される。しかし、曳網がすすむにつれこの量も次第に減少してゆき、$06^{23.5}$ には両曳索はほとんど平行化するので、船尾の幅 3 m と同じ程度になるであろう。この修正値を入れると曳網開始時の袖間隔

が 50 m で、揚索開始時には 10 m に縮少することになる。

網の規模（G.R. 長の比較）では、実験に使用した一艘曳網と以西の二艘曳網とはほぼ同一である。以西の操業中の平均袖間隔は 40 m 程度であるので、以東の袖間隔が遙かに狭いことがわかる。

今次実験時のこの期間の袖間隔、網高さ（天井部、袖部に分けて）、曳網速度の平均値をそれぞれ 30 m，2.5 m（天井中央高さ）1.0 m（天井脇高さ）、0.7 m（袖端部高さ一手木丈からの推定）、$\frac{1,185\,(\mathrm{m})}{1,920\,(\mathrm{sec})}=0.6\ \mathrm{m/sec}$ とすれば

網の前進方向の斜射影面積は

$$\underset{\substack{\vdots\\ \text{網口部の}\\ \text{平均高さ}}}{\frac{2.5+1.0}{2}}\times\underset{\substack{\vdots\\ \text{網口部}\\ \text{の幅}}}{3}+\underset{\substack{\vdots\\ \text{袖部の}\\ \text{平均高さ}}}{\frac{0.7+1.0}{2}}\times\left(\underset{\substack{\vdots\\ \text{袖部の}\\ \text{射影幅}}}{\frac{30-3}{2}}\right)\times\underset{\substack{\vdots\\ \text{両袖分}}}{2}=28.2\ \mathrm{m}^2$$

となる。

以西の二艘曳網の場合は、曳網速度 2.3 kt、曳船間隔 350 m で、71.5 m^2 となる。両者はほとんど 1：25 の比となつている。

次に一艘曳網の曳網開始時から曳索巻き取り開始時までの 32 分間の掃海容積と二艘曳網の同じく 32 分間の掃海容積とを比較すると次のようになる。

一艘曳網（以東）　$28.2\ \mathrm{m}^2\times0.6\times60\times32=3,248.4\ \mathrm{m}^3$

二艘曳網（以西）　$71.5\ \mathrm{m}^2\times1.18\times60\times32=161,990.4\ \mathrm{m}^3$

すなわち、両者は更に差が大きくなり 1：5 の比となつてくる。

また、両曳索によつて囲まれた範囲の水族を漁獲対象にするものと仮定すると両者にどれほどの開きがあるかを考察してみると次のようになる。

	（網の進む距離×平均屈曲点間隔）
$05^{39.5}-05^{45}$	$200\ \mathrm{m}\times900\ \mathrm{m}=180,000\ \mathrm{m}^2$
$05^{45}-05^{52}$	$(380-200)\times600=118,800\ \mathrm{m}^2$
$05^{52}-05^{59}$	$(700-380)\times460=147,200$ 〃
$05^{59}-06^{09}$	$(980-700)\times280=78,400$ 〃
$06^{09}-06^{11.5}$	$(1,180-980)\times170=34,000$ 〃
計　32分間	1,180 m で 558,400 m^2

一方、以西の二艘曳の場合は、両曳索の最大幅（接地部分）は 210 m、速度は 1.18 m/sec であるから

$$210\ \mathrm{m}\times1.18\times60\times32=475,776\ \mathrm{m}^2$$

となり、若干一艘曳の方が優れているようである。しかし、曳網の初期は網高さが急に低下し、

網内外の水の網地との流速にかなりの差が認められるので、カレイ類等の底棲魚族にはさして影響を受けないと思われるが、ニシン、タラ等の游泳する魚族に対してはかなりの漁獲性能の低下があると想像される。この期間は曳網開始後約10分間のようである。今回は曳網時間が約31分であつたが、普通は15分程度であるから、このような非能率な時間が曳網期間の2/3を占めることになる。その後は前述のように網高さが低く次第に増大する段階にあるわけである。

天井中央部と天井脇部の高さの差は、曳網初期の約10分間は平均2m（2.5～1.0m）もあり、大体中期以後は平均1.0m程度でほぼ平均している。測定部位の天井中央部と天井脇部のhead rope長は3m弱であるから、初期の両者の差2mは余り大きすぎる。このことは網成りが正常でないことを意味するもので、この期間にはあまり漁獲は期待できないと思われる。

したがつて、全曳網期間中に漁獲能力があると考えられるのは後の20分間で、前の約10分間ははなはだしくは漁獲を期待できない。普通の操業時の曳網時間である15分間というものはこの点からも検討を要すると思われ、むしろ後の曳索巻き取り時の網成り及び曳索形状とにらみ合せて再考せねばならない。

iv）曳索巻き取りのために起る漁具の状態の変化

曳網期間が終了すると、曳索を巻くための準備として短時間機関を停止して装着してあつた張力計を外したため、網速も一時停止した。この時間は約1分間であつた。その後の推進器回転数は215 rpmであつた。巻き取りdrumが主機から駆動してあるので、その負荷のために曳網時より15回転推進器の回転数が減少している。

イ）網の側面的形状

曳網終了時に約1分間機関を停止したので、その間曳船及び網の前進が停止する。しかし、33年3月実施した測定時の機関を停止しなかつた場合も、曳船の対水速度はこの時期にはほとんど停止していたことから考えても通例この時には曳船の対水速度は0附近になるものとみてよいであろう。

網高さは天井中央部、天井脇部とも曳索巻き取り開始と同時にちよつと低下している（天井中央部で0.2m、後者で0.1m）。この原因として考えられることは網の対水速度の増加と、袖間隔の広がりであるが、後者はむしろ狭くなりこそすれ拡がつてはいない。曳船速度はほとんど0であるから残るのは曳索の巻き取りによる網の対水速度の増加である。網の内の流速もこの時からはなはだしく増大しておるので、網の前進速度が増大していることは確実である。また、袖間隔は次第に狭ばまつているから、このための網高さ増大傾向と網の前進速度の増加による網高さの低下傾向とが組み合わされて第7図のような網高さとなるのであろう。これらの網高さも徐々に増大しておるが、網中の流速、網の前進速度ともに増大している現象に反するようにみえるが、これは袖間隔の狭ばまりによる網高さの増大が、速度増大のための網高さの低下より上回つているのであろうと考えられる。

曳索巻き取り開始時から 10 分間後の $06^{23.5}$ 以後は、天井中央部、天井脇部の高さの上下動があらわれ、その量も前者で 0.1~0.2 m、後者で 0.1 m 程度あつて、特に 06^{30} 頃からははなはだしくなつておる。

この理由は両曳索が完全に平行化して、袖間隔が両曳索の牽引点間隔 (3 m) になつたため網の横幅がなくなり縦方向に伸びようとする不安定な形状となり、それに加えて漁具（曳索）の抵抗が減少して揚索速度が増加するために網の対水速度も大となつて、網口附近（天井網）が fluttering を起すためと思われる。したがつて、網高さの変動が始まつてからは、天井中央部と天井脇部との高さの差はそれらの高さの大小にかかわらず約 0.9 m で一定である。これは袖間隔の変化がなくなり、最小幅の 3 m で一定となるからであろうと思われる。しかし、網高さそのものは網の前進速度の大小で若干異なるのは当然である。

一方、網の抵抗はほぼ時を同じくして 480 kg から 540 kg に 60 kg (網の総抵抗の 1/2) 増加している。これは網の対水速度の増大によるものであろう。

また、この期間の袖間隔は揚索開始時の $06^{11.5}$ で 10 m、網高さの変動開始時の $06^{23.5}$ で 3 m になつている。この程度の狭い袖間隔では、今次使用の網 (G.R. 長約 50 m) の規模の網では網成りとしてははなはだ不都合なものとなり、性能を発揮できない。

次にこの操作期間 $06^{11.5}$ から $06^{23.5}$ まで漁獲効果があるとみなして、その濾過容積を略算すると

$$\underset{\text{平均網高さ}}{\frac{3.0+0.7}{2}} \times \underset{\text{平均網幅}}{5} \times \underset{\text{網の進む距離}}{(2,250-1,185)} = 9,851.3\mathrm{m}^3$$

となる。

ロ）網の離底時期

第4表、第 6, 7 図に示されるように、06^{28} 頃から天井中央部と天井脇部の高さが小さくなり、06^{38} 附近から天井中央部の高さが急に減少し始め、06^{39} には両者の高さがともに 2.4 m となり、それ以後は天井脇部高さが天井中央部高さより高くなつている。このような現象は両袖間隔が一定 (3 m) であれば、天井中央部と天井脇部の高さが接近することは、網の構造上網が海底についている間はあり得ないことで、網が海底を離れて始めてあり得る現象である。

06^{28} から袖先が海底についたり離れたりしながら海底を摺動して、06^{38} 頃に網が海底を完全に離れると考えられる。この頃から網内の流速及び袖端張力も増大している。この場合曳索の巻き揚げ速度は若干緩慢になつているが、曳船の対水速度すなわち前進速度が増大しているので、前記張力の増大もうなずける。これらのことから 06^{38} を網の完全な離底時刻とみてよいであろう。

ハ）網の水平面的形状

$06^{11.5}$ の曳網開始時にはすでに両袖間隔は、僅か 10 m で $06^{23.5}$ には両曳索が完全に平行化するので船幅と同じ 3 m に減少している。また、曳索の両屈曲点間隔も 230 m から 3 m に減少している。

この程度の大型の網での袖間隔としてははなはだ不都合な広さで、以西と較べて遙かに劣つている。しかし、一応以東底曳網としては漁獲性能がある期間の中に入るであろう。

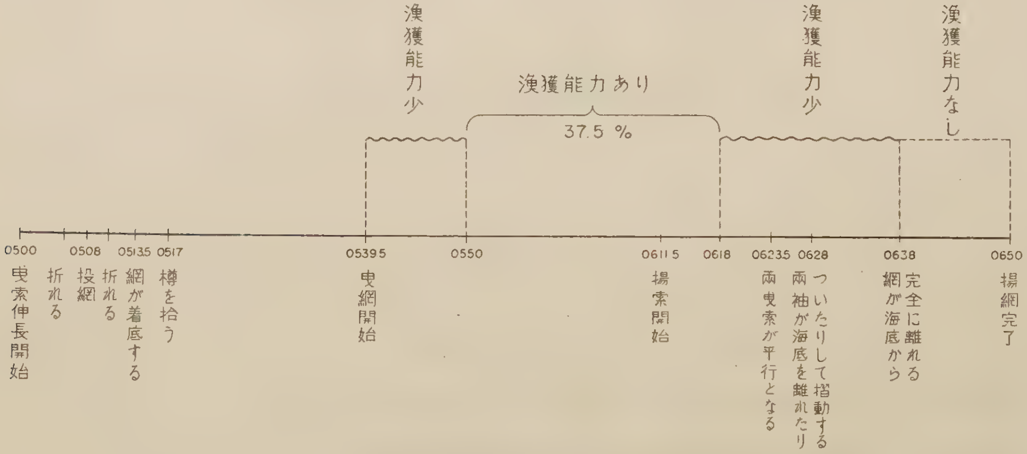
v）魚が入網するであろう網成りのある時期

曳網開始から揚網が終了するまで、すなわち、$05^{39.5}$ から 06^{50} までの 1 時間 10 分の間で、06^{38} から 06^{50} までの 12 分間は網が完全に離底して全く底曳網としての役目をしないので、漁獲時間から除かれねばならない。

次に網高さの変化が大きく、網の内外の流速差の大きい $05^{39.5}$ から 05^{50} までの 10.5 分間と、袖間隔が 5 m 以下の 06^{18} から 06^{38} までの 20 分間との合計 30.5 分間もあまり漁獲は期待できない。

袖間隔の目安を 5 m とした理由は、一応の基準として仮定しただけで、それ以上でも大して変らなく、以西底曳と較べれば袖間隔 5 m では問題にならないほど悪い網成りである。

これらの漁獲性能が発揮されない時間は、合計 42.5 分間に達し、全操業時間の $\frac{1}{1.6}\left(=\frac{42.5}{70}\right)$ であつて、実に 62.5% に達する。


漁獲能力少
漁獲能力あり
37.5 %
漁獲能力少
漁獲能力なし
0500
0508
0513.5
0517
0539.5
0550
0611.5
0618
0623.5
0628
0638
0650
曳索伸長開始
折れる
投網
折れる
網が着底する
樽を拾う
曳網開始
揚索開始
両曳索が平行となる
両袖が海底を離れたりついたりして摺動する
網が海底から完全に離れる
揚網完了

第 11 図 全操業期間中の漁獲能力の分布状況

vi）漁法の適否の検討

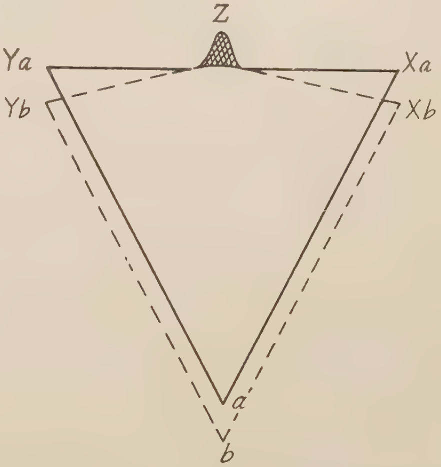
イ）曳索の打回し形状について

二艘曳漁法と異なり、一艘曳漁法の場合は曳網幅すなわち曳索の両屈曲点間隔及び袖間隔は経過時間とともに縮んでゆく。

この漁法においては、曳網間隔をできるだけ広くしかも長時間保つことが一つの大きな漁獲性能を増大させる要素であると考えられる。そのためには最初の曳索屈曲点及び袖間隔を広くしておくことが肝要である。限られた曳索長に対して、この幅を最も広くするには第12図のように袖先の両曳索を左右（進行方向に対して直角）に延長しておくのが唯一のものであると思われる。同図にみられるように、間隔 X_aZY_a と X_bZY_b とでは前者が後者より大である。なお、その時の条件は一応 $X_aZ=Y_aZ=X_bZ=Y_bZ$ であり、$X_aa=Y_aa=X_bb=Y_bb$ であるとする。

今 aX_aZY_aa の形状で曳網を始めた場合、bX_bZY_bb の形状はその曳網途中にあることになる。

しかし、一方いくら網幅が広くても、曳網を始めてから網の前進までにはなはだしく時間がかかるのでは、それまでの操作中は漁獲をあげ得ない。もし、両曳索の間にある魚族が曳索の狭ばまりのためにかり立てられて集約され、将来網が進んできた場合の漁獲対象になると仮定すれば、このような網の前進を伴なわないで、曳索だけ狭ばまる過程も有効ということになる。しかし、三浦[2)]によれば魚が曳索及び網によつて起す泥雲に食餌を求め好んで突入するとしている。それならば、全く この過程は無駄となる。



第 12 図　投網形状の例

そうすると網幅（曳索屈曲点間隔）は広く、しかも曳網開始後すぐまたは少時間後網が前進するような形状に投網することが望ましい。

第6図にみられるように、曳網開始と同時に網高さが変化している。すなわち天井中央部は低下し、天井脇部は1時僅かに上昇した後低下している。また、船尾曳索の張力も0から一挙に 580 kg となつて漸次増大し、曳網開始 4.5 分後には 620 kg となつてしばらく安定している。また袖端の張力及び網中の流速を測定したのであるが、いずれも測定範囲の最低限界以下であつたため、曳網開始直後のこれらの動静がつかめない。

なお、第6図のように曳索の挟角から作図すると曳網開始後 1.5 分間で網は 30 m 前進していることになる。もちろん、作図では曳索屈曲点と曳船及び網とを既知の曳索長で直線に結んだが、実際においてはこの部分は丸味をもつた曲線となるであろうから、若干網の位置は図示のものより後方となるであろう。したがつて、前記の網の前進距離 30 m は実際では大部分曳索の曲線狭隘化に吸収されて、前進はごく僅少であるかまたは0であるかも知れない。

以西における二艘曳きでの筆者の実測では、Ground rope 展開計の使用によつて、この点が

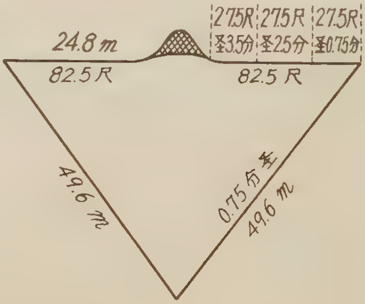
明瞭になつた（曳網開始時から僅かであるが網は前進する）。

よつて、今回の一艘曳きの場合は、これら網高さの変動からだけでは、曳網開始直後の網の運動が単なる変形運動であるか、前進運動であるかの決定資料がないことになる。これは近い将来網速度計の応用によつて確認する予定である。

ロ）曳索の太さの変化による構成の適否及び曳網時についての考察

網から 600 m の曳索の構成は、第3図にみられる通りである。

以東底曳きの特徴である drum（曳索を挟んで捲回する、したがつて同一回転数では曳索の直径が大なるほど巻きあげ速度が大になる）による曳索の巻きあげ速度との関連もあるが、これは後述することにして、ここでは曳索の海底との摩擦抵抗に関して考察してみる。両曳索の幅ができるだけ速く狭ばまらないのが理想である以上、特に曳索屈曲点から網側の曳索はその接地摩擦抵抗が大きいことが望まれる。このためには曳索の水中重量と直径が大であることである。手操漁業によつては曳索の屈曲点に手石を装着してあるものもある。



第 13 図

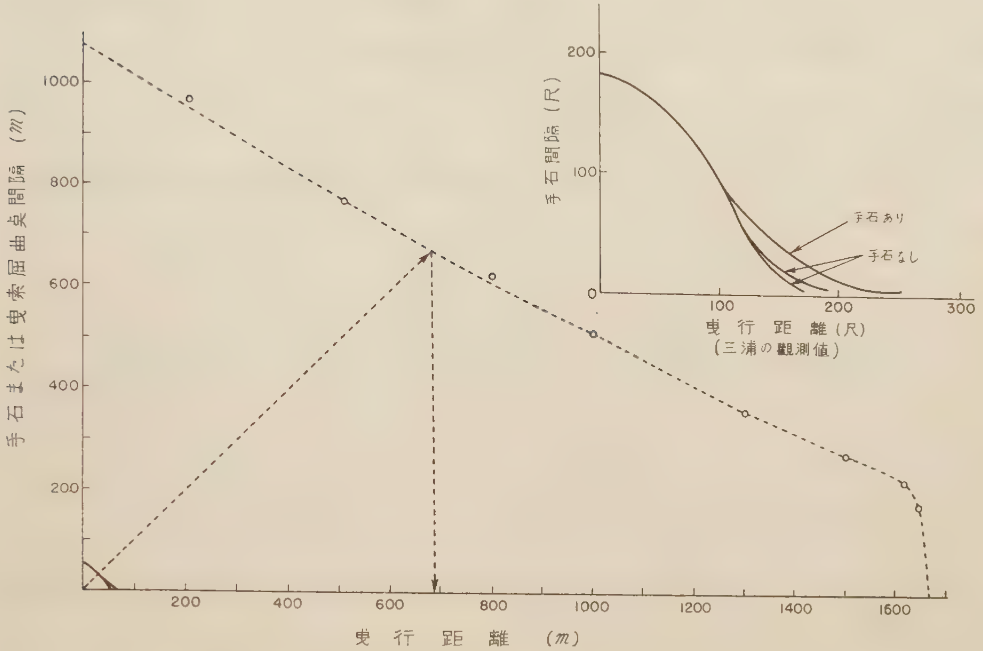
この目的も前記の通りである。例として三浦が実施した模型実験[3)] をあげてみる。

使用した網は浮子方 17 尺沈子方 20 尺（水中重量 240匁）に片側 24.8 m（16.5 k, 1 k=5 尺）の擦網をつけて一直線とし、左右の曳網がこれを底辺とする二等辺三角形を画くようにして左右の曳網端を曳行した（第 13 図）。

この時の曳索屈曲点に手石（280 匁—水中重量）を装着したときと装着しないときの、曳行距離による手石間隔の狭ばまりとの関係を第 14 図に示した。実線は三浦の観測値であり、点線が今回の測定値である。

第 14 図の上図にみられるように、手石間隔（曳索屈曲点間隔）の縮みかたは、曳行距離が 100 尺（30.3 m）までは、手石の有無や擦網の太さにかかわらず、ほぼ同じであるが、その後は手石があつて擦網が太いときに最も緩やかで、手石がなくて擦網が細いときに最も急である。

また、同図の下図に示したのは、今次の測定値と三浦のそれとの比較であるが、上記のように手石の有無、擦網の太さの大小に無関係に 100 尺までは、その縮みかたが同じであるから、その点を破線によつて今次の曲線に移すと、一定の縮みである屈曲点間隔は 685 m となり、その時の曳行距離は 685 m となる。三浦の場合とは網具及び曳行速度等の附帯条件が異なるので、この方法は乱暴と思われるが、曳行速度は曳行距離によつて代表されており、ほとんど考慮されなくてもよろしいと考えられるが、投網形状が異なる点に問題がある。三浦の場合は今次の投網形状より幅広く打回しているから、今次の場合の 100 尺に相当する曳行距離は 685 m 以下



第 14 図　曳行距離と曳索屈曲点（及び手石）間隔との関係

になるものとみなすことができよう。この 685 m は第 6 図でみると、05^{48} すなわち曳船位置 D の 1 分後にあたる。

この時までに進んだ網の距離は 350 m である。

これまでの漁獲性能は第 10 図で示したように漁獲性能から考えて大して期待できない期間であり、これ以後が最も期待される期間である。このことからいつても、曳索屈曲点附近の曳索直径の大小が重要な点になる。

また、普通は曳網時間が 15 分間程度であるから、ちようど 05^{55} のときの曳索屈曲点間隔からの縮みかたが第 6 図に示したものより若干広くなり、その縮みかたも緩やかになる筈である（手石を装着し、また曳索屈曲点附近の曳索径を太くした場合）。

一方、網高さは逆に第 6 図で示したものより若干低くなることが考えられる。それは曳索屈曲点間隔が大となるから、この低下量は大きくはないであろう。したがつて、これ以後の網高さはすべて図示のものより総体的に低目のものになるであろう。もしこの若干の網高さが漁獲性能に大きく響くような魚種を漁獲対象とした場合は、曳網期間を今回のように永くするのが得策ではなかろうか。

ハ）曳索の太さの撰定と巻き揚げ速度と漁獲性能との関係

曳索を開始してから約 12 分間、すなわち $06^{11.5}$ から $06^{23.5}$ までは、曳船の対水速度はほとんど 0 であるし、それから約 7 分間の 06^{31} までも大した速度ではない。この時の曳索の巻き揚

げ速度は始めの曳索直径の小さい部分の 0.95 寸 500 m、1.0 寸 500 m の 1,000 m を巻きあげるまでは平均 1.04 m/sec であり、その後の直径が太い部分の 1.05 寸の 300 m と 1.1 寸の 400 m 都合 700 m を巻きあげる平均速度は 1.45 m/sec で、直径の大きさによつて速度が忠実に変つている。

第 11 図の漁獲性能から考察すると、巻き揚げ速度を注意深く考慮しなければならないのは 06^{18} から 06^{23} 頃まででであるから、曳索のうち曳船側の 0.95 寸 500 m と次の 1.0 寸 500 m までで、その後網までは巻きあげ速度よりむしろ曳索屈曲点幅をできるだけ縮めないための曳索の太さを考えて、曳索の構成配分を考えねばならないと思われる。

次に 06^{31} 以後は網の平均速度が網中の速度より小さくなつていて、一見不都合のようであるが、これは平均網速度は水平に動いた距離を時間で除したものであり、網中の流速は網が水平に動いた場合も海水中を斜めに動いた場合も同じで、網の中の絶対の対水流速を表わしているからである。

この期間は網が狭ばまり、また海水中を斜行しており、速度計を網口近くに装着してあるので、いわゆるベンチュリー現象で網外の流速より増速となつたため、網外より網内の流速が大となつて測定されたのではないかと考えられる。

4. 綜合結果

今回得られた主な結果を述べると大体次のようである。

i) 網の平均沈降速度は大体 0.33 m/sec であるから、確実に網が着底してから曳網を始めるがよい。

ii) 二艘曳きと比較して漁獲性能が相当劣つているように思われる。このことは以東の資源密度が以西と較べてはなはだしく大きいであろうことが想像される。

iii) 曳索の打回し形状に一層の研究を要する。

iv) 曳索屈曲点から網までの曳索は許される限度で、直径の太いものを使用し、でき得れば蕊に weie を組み込んで flexibility を小さくすることが望ましいと思われる。また、曳索屈曲点附近に重錘けたは chain を装着すればなお漁獲性能の向上に役立つと考えられる。

v) 目的水族の棲息位置が水底を離れ、これをとるためには、ある程度の網高さを必要とする水族には、曳網速度を小にして時間を長くかける必要があり、底についている水族には現行の 15 分間程度が良いと考えられる。

vi) 網漁具の形状（水平面的及び側面的の）が刻々変化する本漁法においては、適正な速度をその段階ごとに変えてゆくのが理想と考えられる。このため可変ピッチプロペラの採用が考慮されてよいと思われる。

vii) 巻き揚げ速度の点から曳索の直径を真剣に考える部分は、曳索全長（片側）2,200 m の

場合、曳船側から 500～1,000 m 程度で、その直径は現行の 0.95 寸または 1.0 寸程度が適当であろう。他の部分は摩擦抵抗利用による曳索屈曲点の狭ばまりを緩やかにする意味からだけ考慮すべきであろう。

viii) 曳索長の残りが 400～500 m になつたら、曳船の前進力を減少させ、網を海底から離さず、海底上を摺動させてゆくよう適宜調節すべきであろう。

あとがき

一艘曳機船底曳網の測定実験は緒についただけで、本報告が完全なものとは云い難いものであることはもちろんであるが、述べたような点が本漁業の問題点であることには誤りがないと考える。

測定器も特に網の速度計を改善して、本漁業に適する低速用のものとする考えである。なお、本漁業の解明には曳船の推進性能と曳索の巻き取り速度と網成りとの三者も組み合わせて考察してゆくことが特に肝要である。この点を今後追及してゆく考えである。

本測定実験に協力された日魯漁業株式会社の寺瀬企画課長、今井課員、稚内底曳部の塚谷漁場長及び漁安丸乗組の諸氏に感謝する。

魚体の超音波反射損失の研究

(魚体の寸度と波長の検討)

間庭　愛信

Study on Ultrasonic Waves Reflection Loss at Fish-body

(Examination on dimension of fish-body and wave-length)

Yoshinobu MANIWA

ABSTRACT

We had introduced the formula of the ultrasonic waves reflection loss at fish-body by multiplying the reflection coefficient of the cylinder by that due to the acoustic impedances. Then we examined whether this way was good or not. And we examined the reflection loss at the reflecting body which was much smaller than the wave-length.

The results are summarised as follows.

(1) We confirmed that the reflection coefficient of the cylinder the acoustic impedance of which was not so different to that of medium was got by multiplying the reflection coefficient of the cylinder by that due to the acoustic impedances, by the experiments made by using the sea-water in the fresh water tank.

(2) We made experiments on brass cylinders in order to examine the reflection loss at fish-body which was much smaller than the wave-length and we found that the formula of the reflection loss at the cylinder was available even to the cylinder the dimension of which was about 1/18 of the wave-length of 28 kc frequency.

(3) We found that the formula of the reflection loss at fish-body

$$L_p = 20 \log_{10} \sqrt{\frac{\lambda}{2r}} \cdot \frac{x}{b} \cdot \frac{2}{\Delta\rho} \cdot \frac{1}{k}$$

was available to such a pretty small fish-body as the anchovy.

(4) 1/18 of the wave-length of 28 kc frequency is 0.3 cm. Such a small body is not ordinarily caught in the fishery. But the plankton is considered as this example and the volume is seemed to have some relation to the reflection loss at much smaller body. Then we are planning experiments on them.

1. まえがき

魚体反射損失の式は、シリンダーの反射率と媒質と魚体との音響インピーダンスによる反射率の積に形状係数を乗じて導いたことはすでに報告したが、そこでは波長より大きい種々の魚体についてその式が成立つことを実験を行つてたしかめた[1]。

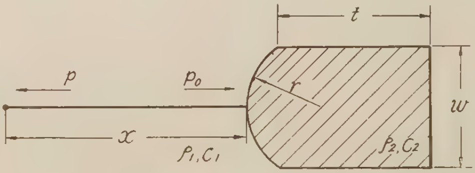
今回は、海水をきわめて薄いポリエチレン製のシリンダーの袋に入れて水槽中で反射損失を測定した結果、反射率を求めるにはシリンダーの反射率に清水と海水との音響インピーダンスによる反射率を乗じても差支えないことをたしかめた。

つぎに波長よりきわめて小さい魚体では反射損失がどうなるかを検討するために、真鍮のシリンダーの大きさを次第に小さくして実験した結果、28kcでは波長の1/18位までは反射損失の式が成立つことがわかつた。

そこで片口イワシなどの小さな魚体について実測し、これらの小さな魚体でも理論式を用いて反射損失を計算しうることをたしかめたので報告する。

2. 魚体反射の理論式

第1図のように魚体に入射する音圧を p_0, 魚体で反射し音源方向に x だけ伝播した音波の音圧を p とする。曲率半径 r の完全反射体の場合は、a を反射体の長さ、λ を媒質中の音波の波長とすれば、反射率 γ_p は次式で示される。



第1図　魚体反射の説明図

$$\gamma_p=\frac{p}{p_0}=\sqrt{\frac{2r}{\lambda}}\cdot\frac{a/2}{x}\quad\cdots\cdots(1)$$

したがつて反射損失 L_p は (2) 式のようになる。

$$L_p=20\log_{10}\frac{1}{\gamma_p}=20\log_{10}\sqrt{\frac{\lambda}{2r}}\cdot\frac{x}{a/2}\quad\cdots\cdots(2)$$

ここで反射体の密度、物体中での音速をそれぞれ ρ_2, c_2 とし、媒質のそれを ρ_1, c_1 とする。入射波が平面波で、しかも反射体の入射面が平面である場合は、音圧反射率 γ_p は (3) 式で示される。

$$\gamma_p=\left|\frac{\rho_1c_1-\rho_2c_2}{\rho_1c_1+\rho_2c_2}\right|\quad\cdots\cdots(3)$$

魚体では有限の厚さと巾があるが、一応綜合音圧反射率 γ を

$$\gamma\fallingdotseq\gamma_p\cdot\gamma_\rho\quad\cdots\cdots(4)$$

とする。したがつて反射損失 L_p は

$$L_p=20\log_{10}\frac{1}{\gamma}=20\log_{10}\sqrt{\frac{\lambda}{2r}}\cdot\frac{x}{a/2}\cdot\left|\frac{\rho_1c_1+\rho_2c_2}{\rho_1c_1-\rho_2c_2}\right| \cdots\cdots(5)$$

魚体の場合は $c_1 \fallingdotseq c_2$ とおくことができるから $|\rho_1-\rho_2|=\varDelta\rho$ とすれば

$$\gamma_\rho=\frac{\varDelta\rho}{2} \cdots\cdots(6)$$

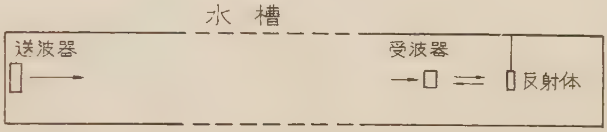
魚体の長さの半分が超音波の反射に寄与するものとして形状係数 K を導入すれば、反射損失は (7) 式で表わされることはすでに発表した通りである[1]。

$$L_p=20\log_{10}\sqrt{\frac{\lambda}{2r}}\cdot\frac{x}{b}\cdot\frac{2}{\varDelta\rho}\cdot\frac{1}{K} \cdots\cdots(7)$$

3.　綜合音圧反射率 γ の検討

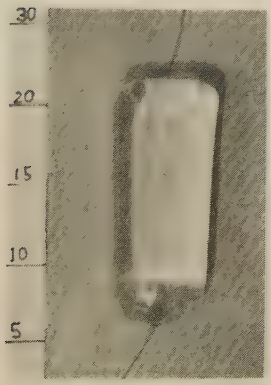
前節で述べたように、綜合音圧反射率 $\gamma \fallingdotseq \gamma_p\cdot\gamma_\rho$ と仮定したが、以下これを実験的に検討する。

実験は長さ 24.5 m、断面 50 cm×50 cm の木製水槽で行つた。すなわち第2図のように水槽の一端に送波器を置き、反射体をその軸に直角の方向から超音波を受けるようにした。受波器を移動させて直接波と反射波の音圧をマージンテスト法[2]で測定して反射損失を求めた。



第 2 図　水槽での測定方法の説明

反射体として第3図に示すような厚さ 0.03 mm のポリエチレン製で、直径 6 cm、長さ 15 cm のシリンダーの袋に海水を入れ、この海水の濃度を変えて反射損失を測定した。



第 3 図　ポリエチレンの袋に海水を入れてシリンダー状にしたもの

実験結果は第1表のようになり、第3欄には測定した海水の密度を、第4欄には温度を示す。

この場合、塩分は Knudsen[3]、音速は Maurer[4] が示した式で計算した。すなわち

$$\rho=1+0.0008\,s$$

ρ：密度 g/cm³　　s：塩分 ‰

$$c=1445+4.16t-0.0615t^2+(1.2-0.015t)(s-35)$$

c：音速 m/s　　t：温度 °C

これらの音速、密度を用いて (5) 式で計算した値を第9欄に示す。これを第10欄の実測値と比べると 1 db の誤差範囲内でよく合致する。

したがつてこのようなシリンダーの反射率は、(1) 式に (3) 式のような音響インピーダンスによる反射率を乗じて導いた (4) 式のような考え方をしてもよいことをたしかめた。

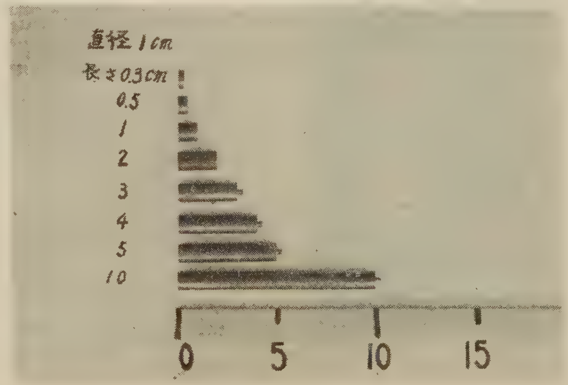
第 1 表　ポリエチレンの袋に海水を入れて作つたシリンダーの反射損失

周波数	番号	海水			媒質の清水			反射損失 db	
KC		密度 g/cm^3	温度 °C	音速 m/s	密度 g/cm^3	温度 °C	音速5) m/s	計算値	実測値
28	1	1,120	3	1590	1,001	3	1414	41	42
	2	1,100	3	1561	1,001	3	1414	42	43
	3	1,081	3	1533	1,001	3	1414	44	45
	4	1,063	3	1508	1,001	3	1414	46	47
50	1	1,120	5	1594	1,005	5	1423	39	40
	2	1,099	5	1564	1,005	5	1423	40	41
	3	1,081	5	1538	1,005	5	1423	42	42
	4	1,061	5	1518	1,005	5	1423	44	45
100	1	1,128	1	1597	1,003	1	1404	35	35
	2	1,102	1	1556	1,003	1	1404	37	36
	3	1,081	1	1527	1,003	1	1404	39	40
	4	1,066	1	1505	1,003	1	1404	41	41

4.　魚体の寸度と波長の検討

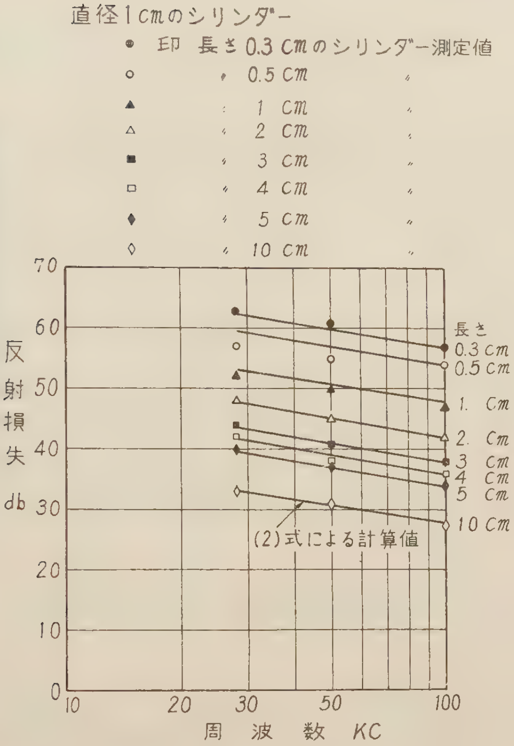
今まではふつうの大きさの魚体に対して反射損失の実験式をたてたのであるが、ここで波長に比べてきわめて小さい魚体の反射損失がどうなるかを検討する。

実験はまず魚体の代りに第 4 図に示すような直径 1cm の真鍮製シリンダーを用い、長さを 10cm, 5cm, 4cm, 3cm, 2cm, 1cm, 0.5cm, 0.3cm のようにかえて、28KC, 50KC, 100KC の 3 周波数について反射損失を測定したところ、第 5 図に示すように測定値が 1db 程度の範囲内で (2) 式の計算値と殆んど一致する。

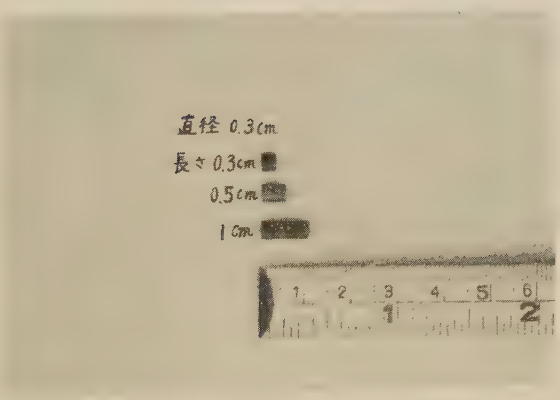


第 4 図　直径 1cm の真鍮製シリンダー

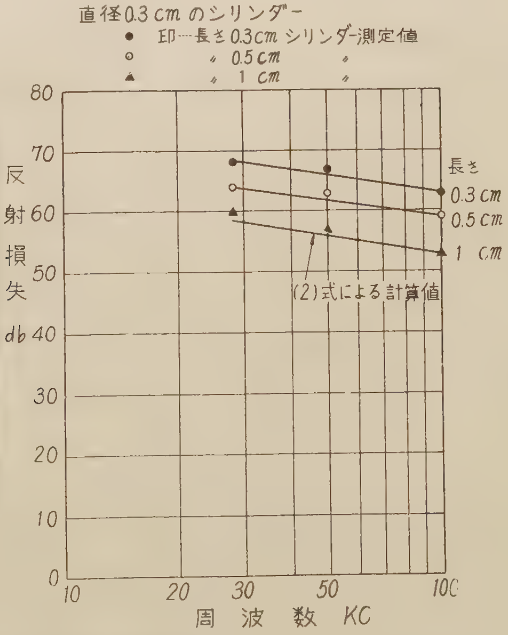
そこで更に直径と長さを波長に比べて小さくとり、第 6 図に示すような直径 0.3cm, 長さ 1cm, 0.5cm, 0.3cm の真鍮のシリンダー



第 5 図　直径 1cm のシリンダーの反射損失


直径 0.3cm
長さ 0.3cm
0.5cm
1cm
1
2
3
4
5
6
1
2

第 6 図　直径 0.3cm の真鍮製シリンダー



第 7 図　直径 0.3cm のシリンダーの反射損失

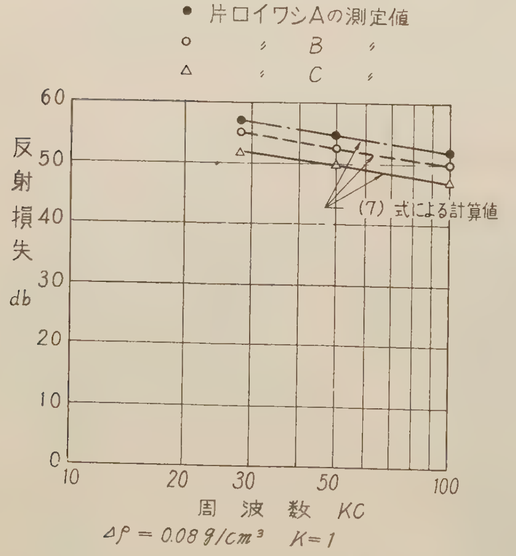
を用いて、前と同じく 28KC, 50KC, 100KC の3周波数について実験を行つた。測定結果は第7図に示すようになり、この場合も測定値は実線で示した (2) 式による計算値と 1db の誤差範囲内で一致した。

そこで第8図に示すような体巾約 1cm、長さ約 10cm の程度の小さな片ロイワシの背部から超音波が入射した場合に、28KC, 50KC, 100KC の3周波数について測定し、その結果を第9図に示す。図中 ●、○、△ はそれぞれ片ロイワシ A, B, C に対する測定値である。(7) 式で計算した結果を鎖線、破線、実線で示せば測定値とよく合致する。このように魚体の場合 $\frac{\Delta\rho}{2}$ を用いれば測定値とよく合い、かなり小さな魚体の反射損失でも (7) 式で計算すれば実測値とよく合致することがわかる。

第8図 片ロイワシ

また魚体の寸度が波長よりきわめて小さい時の反射損失は (8) 式で示されている[2)]。

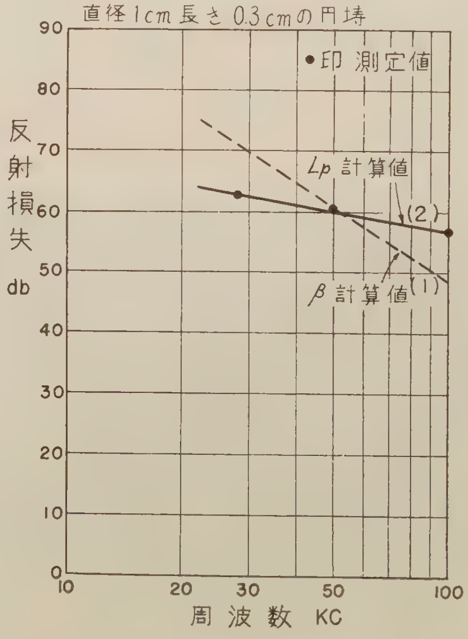
$$\beta=20\log_{10}\frac{\lambda^2 x}{\pi V K_1}\cdot\frac{1}{\Delta\rho} \quad \cdots\cdots(8)$$



片ロイワシの寸度

	A	B	C
全長	9.3 cm	1.1 cm	12.2 cm
体巾	1.1 cm	1.1 cm	1.3 cm

第9図 片ロイワシの反射損失



第10図 (8) 式による計算値と (2) 式による計算値及び測定値との比較

ここで V は魚体の体積、K_1 は形状係数である。ところが片口イワシなどについての実験の結果では反射率は $\sqrt{\lambda}$ に反比例することになり、周波数による反射率の変化が(8)式と著しく異つている。これをさらに長さ 0.3cm のシリンダーについて説明すれば、(8) 式で β を計算してこれを第10図で(1)の曲線で示し、(2) 式で計算して(2)の曲線で示すと、周波数による変化が(1)と(2)で非常に異り、●印で示した測定値は明らかに(2)の曲線の方にのつている。

そこで小さなメダカ、プランクトンなどについてどうなるか研究を進めてみるつもりである。

5. むすび

魚体の超音波反射損失の式は、シリンダーの反射率に音響インピーダンスによる反射率を乗じて導いたが、この考え方がよいかどうかをまず実験によつてたしかめた。また反射体の大きさが波長よりきわめて小さい場合の反射損失について検討を行つた。その結果を要約すると次のようになる。

(1) 音響インピーダンスが水と余り異らないシリンダーの反射率は、シリンダーの反射率と音響インピーダンスによる反射率の積で示されることを清水の水槽中で海水を用いて実験を行つてたしかめた。

(2) 波長に比べてきわめて小さい魚体の反射損失を検討するために真鍮のシリンダーで実験を行つた。その結果 28KC では波長の 1/18 の程度の大きさのものまでシリンダーの反射損失の式が成立つことがわかつた。

(3) 魚体の反射損失の式

$$L_p=20\log_{10}\sqrt{\frac{\lambda}{2r}}\cdot\frac{x}{b}\cdot\frac{2}{\Delta\rho}\cdot\frac{1}{K}$$

は片口イワシなどのかなり小さな魚体について成立つことをたしかめた。

(4) 28KC の波長の 1/18 は 0.3cm であるが、漁業ではふつうこれ程小さいものは取扱わない。然しプランクトンなどはこの例になり、また更に小さいものは体積が関係することが考えられるので、これらについて実験を進めるつもりである。

本研究は橋本富寿博士の御懇切な御指導によるものであつて、ここに深く感謝申し上げる。

文　献

1) 橋本富寿、間庭愛信： 100KC から 400KC までの超音波の魚体反射損失に関する研究、音響学会誌第13巻第1号、1957.

2) T. Hashimoto: Characteristics of ultrasonic waves transmitted vertically in the water, Report of Fishing Boat Laboratory, No. 1, 1953.

3) M. Knudsen: Hydrographical table, 1901.
Krümmel: Handbuch der Ozeanographie, B. I. S. 237, S. 288, 1907.

4) H. Maurer, Ann. d. Hydrgr. Bd. 52, S. 221, 1924.

5) Hydrographic Department, Admiralty, Tables of the Velocity of Sound in Pure water and Sea Water for use in echo-sounding and sound-ranging. London. 1927.

14kc 音響測深機とそれと同一機構を有する試作極超音波音響測深機による海底記録像の比較

橋本　富寿　　間庭　愛信　　西村　実

Comparison between the Echo-trace of Sea-bottom by the 14kc Echo-sounder and that by the Echo-sounder of Ultra High Frequency Sound-wave Which Has the Same Mechanism as the 14kc Echo-sounder

Tomiju HASHIMOTO, Yoshinobu MANIWA and Minoru NISHIMURA

ABSTRACT

We published that the echo-trace of the sea-bottom obtained by the 200kc echo-sounder with sharp beam is much more similar to the true shape than that by the lower frequency echo-sounder.

We made a 200kc echo-sounder, the sounding range, the recording paper speed and the width of paper of which were the same as those of 14kc echo-sounder, and made an experiment by these two echo-sounders on the sea off Kurihama, Kanagawa Prefecture, on 24th April 1959. We installed the 14kc transducers and the 200kc ones on one side of the ship in order to avoid the change which the echo-traces underwent by the installation.

There is no appreciable difference for the even bottom but differences come out as the shape of bottom becomes complicated. In case of 14kc, it is often that one cannot measure the depth of the sea-bottom because many false bottoms are recorded on account of the dull beam, but in case of 200kc, it is easy to measure the depth of the sea-bottom because nothing but the bottom is recorded and the accuracy of sounding is high on account of the sharp beam.

In case of 14kc, the accuracy of sounding might be high if its beam is made as sharp as that of 200kc, but it is not practical because a very large transducer is necessary. A sharp beam is much more easily obtained by the high frequency than by the low one.

1. まえがき

尖鋭ビームを有する 200kc 音響測深機を用いて海底地形を測量すれば、低い周波数のものに比べて遙かに実際の地形に近いものが得られることについて報告した1)2)3)4)。

今回は 14kc と極超音波の 200kc による海底記録像の比較を容易にするために、14kc 音響測深機と測深レンヂ、記録紙繰出速度および記録紙巾等を同一にした 200kc 音響測深機を試作し、昭和 34 年 4 月 24 日に神奈川県久里浜沖の実海面で測量を行つた。実験船の同一舷側に 14kc と 200kc 送受波器をそれぞれ近接して装備し、装備による記録像の差異の生ずることのない様に考慮を払つた。

その結果、海底の記録像にきわめて明瞭な差異が現れ、測量を実施する場合に記録の取扱いに注意を要するものと考えられるので、ここに報告する。

2. 実験装置

試作 200kc 音響測深機は、測深レンヂ、記録紙繰出速度および記録紙巾を 14kc 音響測深機と同一にした。記録の方式は共にベルトを用いてある。

200kc 試作機の送受波器はそれぞれ円型チタン酸バリウム振動子で、音響輻射面は厚さ 5mm の人造ゴムを使用し、容器内にはヒマシ油を充塡した。

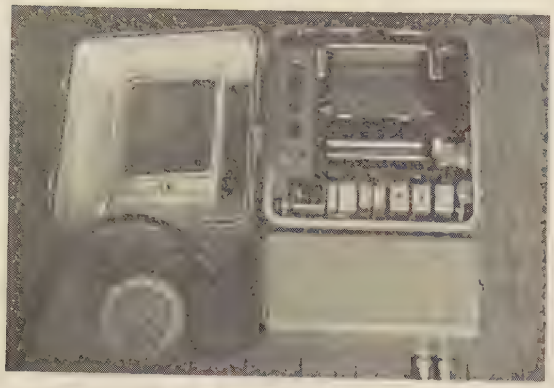
14kc 測深機の送受波器は AF 合金の磁歪振動子であり、これにバリウムフエライトを挿入して励磁するようにし、音響輻射面は人造ゴムで保護し、流線形の鉄製のケースに入れてある。回路および振動子は送受兼用型である。

両測深機の諸特性は第 1 表に示す通りである。

第 1 表　音響測深機の特性

	200kc 試作音響測深機	14kc 音響測深機
振動子	チタン酸バリウム	AF 合金（バリウムフエライトで励磁）
同　輻射面寸度	直　径　100mm	96×145 mm^2
同　指向性の半減角	3°	26°×40°
送信電力	420 W (peak)	150 W (peak)
受信器利得	140 db	120 db
記録レンヂ	0～120 m, 100～220 m, 200～320 m	同
記録紙繰出速度	100 mm/min	同

実験船は約 2ton で、その同一舷側に 14kc と 200kc の送受波器をそれぞれ近接して装備した。記録器、送受波器および装備の状況を第 1 図、第 2 図、第 3 図に示す。



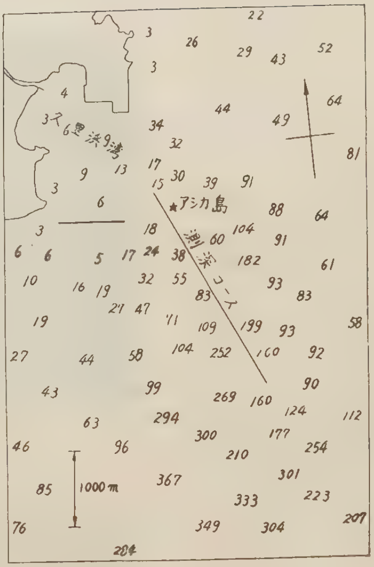
第1図　記　録　器

第2図　送　受　波　器
左　200kc　右　14kc

第3図　装　備　の　状　況

3. 実験海面

実験は、昭和34年4月24日、浦賀水道の久里浜の沖合で第4図に示すようなコースで行つた。実験の際の海況は、ウネリの階級1で、海面は静穏であつた。


久里浜湾
アシカ島
測深コース
1000m
22
3
26
29
43
52
3
4
44
64
49
34
32
81
17
13
9
3
15
30
39
91
6
88
64
18
60
104
91
3
6
6
5
17
24
38
182
61
32
55
93
10
16
19
83
83
21
47
199
93
58
19
71
109
27
44
58
104
252
160
92
43
99
269
160
90
124
112
63
294
300
177
46
96
210
254
301
367
85
333
223
76
349
304
207
284

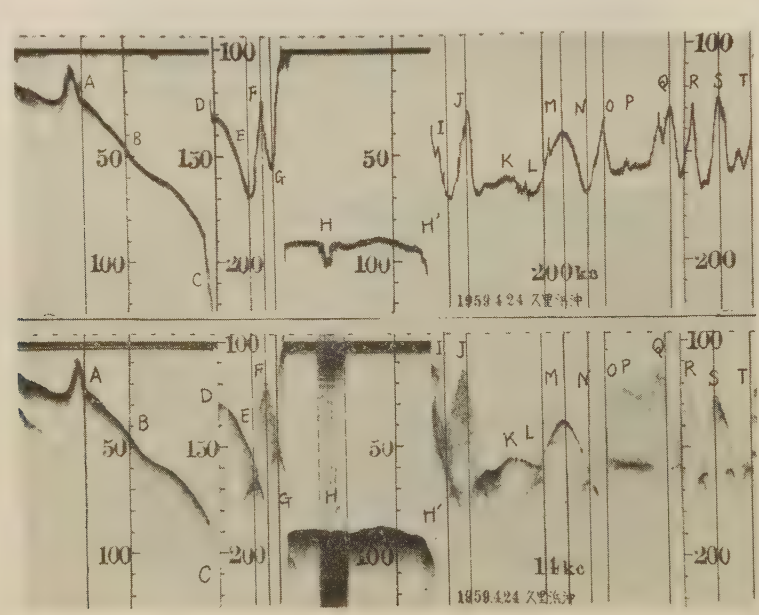
第4図 実験海面

4. 実験結果

14kc と 200kc で同時に測深した記録は第5図に示す通りであつて、(a) は 200kc, (b) は 14kc の記録である。二つの記録には同時にマークを入れ、A, B, C, …… の記号は相対応している。

深度 30m 位迄の単調な海底では、14kc と 200kc との間にあまり大きな差異は認められないが、深度が増すにつれて両者の差が現れて来る。C, E, G の斜面の部分では、両者の差異が明瞭であり、200kc の記録で谷底の部分が、14kc では $\overset{\times}{\wedge}$ の様に記録されているし、F点は 200kc の方が尖鋭な形をしている。I～T に於ても同様のことがいえる。

H の部分では 200kc では凹部が明瞭であるが、14kc では平坦な海底の様になつている。H′ の部分でも 14kc に比べて 200kc では凹部が明瞭である。



(a) 200kc

(b) 14kc

第5図 200kc と 14kc の同時測深記録 (1)

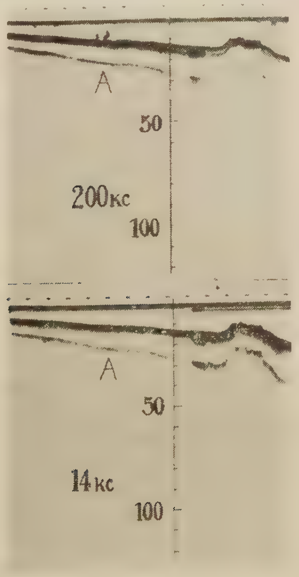
複雑な地形の海底では、14kc の記録では、M, P, Q の様な像が現れ、深度を計測することが困難である。これに対し 200kc ではほとんどどの様な海底でも明瞭に記録している。

すなわち、海底が複雑な形をなす場合には 14kc では beam が広いために深度を知ることが出来かねる場合が多いのに反し、200kc では beam が鋭いため直下の海底のみを明瞭に記録しているので、深度の計測が容易で精度も高くなつている。

200kc では beam が鋭いために、船がローリングすれば、特に海底が船の進行方向に直角の方向に傾斜している場合に凹凸を生ずる。図中 K—L はこの場合に相当するものと考えられる。この際にも忠実な測深をするためには、送受波器の音響輻射面を常に水平に保持する様にジンバルなどをつけることが望ましい。

また魚群については、第6図の図中 A で示す様に 200kc では 14kc よりその像を忠実に記録している[5)]。

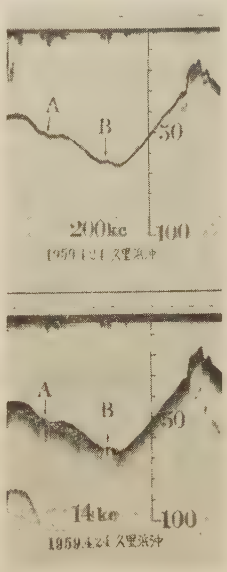
船の wake を横切つた場合、50kc 程度の超音波はその気泡層により減衰が大きいのに比べ、200kc は影響が非常に少いことはすでに報告したので[6)7)]、今回は 14kc と 200kc について調べた。他船の通過後 20～30 秒にその wake 上を横切つて海底の記録像を検討した結果は第7図の様になる。(a) は 200kc, (b) は 14kc で、2つの図中、A は約 100ton の木船、B は約 600ton の鋼船の wake 上でのものである。200kc はほとんど気泡層によつて減衰しないが、14kc では減衰が大きく、海底の記録像が消える。



(a)　200kc

(b)　14kc

第6図　200kc と 14kc の同時測深記録 (2)



(a)　200kc

(b)　14kc

第7図　他船の wake 上での同時記録

5. むすび

同一の記録機構をもつ 14kc と 200kc の試作音響測深機による海底記録像を比較したところ、きわめて明瞭な差異が現れた。

すなわちこの2つの周波数の記録像を比較すれば、平らな海底では 14kc と 200kc との間に差異は認められなかつたが、海底地形が複雑になるにしたがい両者の差が現れ、14kc では beam が広いために多くの海底像を記録するので深度を計測することができかねる場合が多いのに反し、200kc では beam が鋭いため、直下に海底像のみを記録しているので深度の計測が容易であるばかりでなく、精度も高くなつている。

14kc でもこの 200kc 程度に beam を鋭くすれば測深の精度が高くなると考えられるが、送波器の寸度が著しく大きくなつて実用に適しない。鋭敏な指向性を得るには周波数の高い方が容易である。

終りに本実験に協力された日本電気 K.K. 宮島次郎氏、海上電機 K.K. 千野純彦、矢矧友久の各氏に謝意を表する。

文献

1) 橋本： 海面に垂直方向の超音波の伝播特性、漁船研究報告第2号、昭和30年1月

2) 橋本、西村、間庭： 魚群探知機の記録像より見た海底地形の忠実性について、漁研技報第5号、昭和29年8月

3) 橋本、西村： 音響測深より求めた海底地形と海底実形との対比について、漁研技報 第6号、昭和30年3月

4) 橋本、間庭： 14.5kc 魚群探知機と尖鋭ビームを有する 200kc 魚群探知機による同一海面に於ける測量図の対比、漁研技報第12号、昭和33年10月

5) 橋本、間庭、西村： 24kc と 200kc 超音波による魚群探知の比較実験、漁研技報第10号、昭和32年4月

6) 橋本、西村： 超音波の気泡層による減衰について、漁研技報第10号、昭和32年4月

7) T. Hashimoto, Y. Kikuchi： Ultrasonic Propagation Measurement in Sea Water up to 400kc—J.A.S.A. Vol. 29, No. 6, 702—707, June, 1957.

Sonobuoy による魚群検知に関する一実験

橋本　富寿　　西村　実　　間庭　愛信

Detection of Fish by Sonobuoy

Tomiju Hashimoto, Minoru Nishimura and Yoshinobu Maniwa

ABSTRACT

The research of sea noise in the ocean or the detection of fish shoal by their swimming sound were usually made by research vessels, or, in case of set net fishing, by the line transmission of under water sound to coastal receiving stations by means of electric cable.

For the purpose of listening to the sea noises of several locations simultaneously or surveying the fish location by the sound originated from fish school, it has been demonstrated that the sonobuoy's disposition offers an easier and more economic survey. The observation is made by setting several sonobuoys at sea and receiving the under water sound through the radio system at a coastal station.

The sonobuoy device consists of hydrophone, audio-amplifier, radio transmitter and receiver, speaker, pen-recorder and two channel magnetic tape-recorder. The sonobuoy adopts frequency modulation system at V. H. F. of 42 Mc band and its effective communication range is up to 10 km. The under water signal received by speaker is recorded on the pen-recorder or on the magnetic tape-recorder.

The observation by this device of the swimming sound of yellowtail in set-net fishing grounds has demonstrated that the sonobuoy can clearly distinguish the sound of yellowtail from the sea noise, and that the frequency of sound generation at the entrance of set-net has a certain relation with probable catch of fish.

We can conclude that in future, the forecast of fish catch may be possible by listening to the sound of fish by means of such a device.

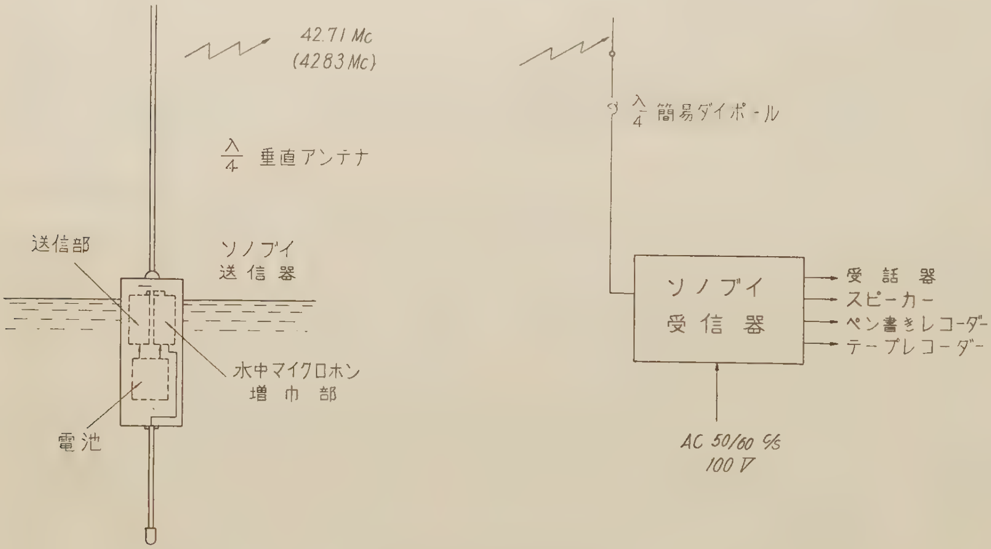
まえがき

大洋中の騒音を測定し、あるいは魚群の発する水中音などを聴音して魚群を検知する場合、従来は船を海上に停めて聴音するか定置網などでは網の中に水中マイクロホンを置き、ケーブ

ルで水中音を陸上まで有線伝送した。しかし多くの地点の海中騒音を同時に観測し、または魚群の水中音によつて魚道調査を行うような場合には、海上に数個の Sonobuoy を置き、無線で水中音を陸上に送つて観測すれば、観測は容易で、かつ経済的である。そこで筆者等は Sonobuoy を試作し海中騒音、魚群の水中音の連続観測を行なつた結果、所期の目的を達したのでその概要を報告する。

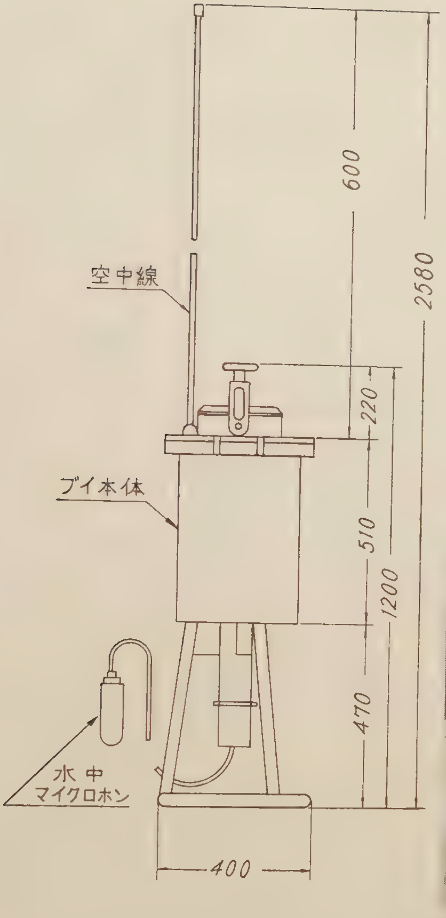
1. 装置

試作した2組の Sonobuoy はいずれも海上に設置する送信ブイと、陸上の受信装置で構成される。第1図にその綜合系統図を示した。送信ブイは第2図のような外形寸法で水中マイクロホン、増巾器、無線送信器、蓄電池およびアンテナから構成されている、第3図に外観を示す。受信装置はアンテナ、受信器、ペン書きオシログラフ、高声器および磁気録音機から構成されている、第4図に受信装置の外観を示す。魚群の水中音はそれぞれのブイの水中マイクロホンで受信し、増巾して超短波で受信器に送られ、受信器出力によつて高声器で聴音するかオシログラフの記録紙上に水中音レベルを画かせるか、あるいは 2 channel の録音機に収録できるようにした。

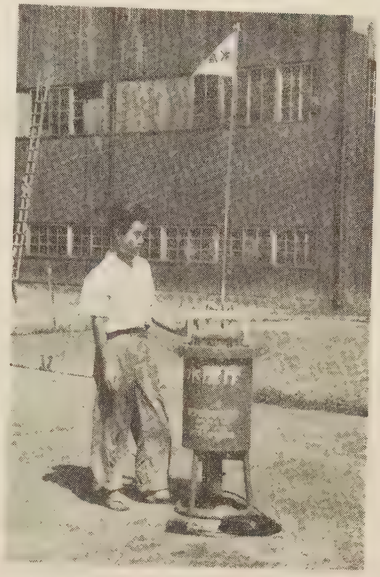

42.71 Mc
(42.83 Mc)
λ/4 垂直アンテナ
送信部
ソノブイ 送信器
水中マイクロホン 増巾部
電池
λ/4 簡易ダイポール
ソノブイ 受信器
受話器
スピーカー
ペン書きレコーダー
テープレコーダー
AC 50/60 c/s
100 V

第1図 綜合系統図

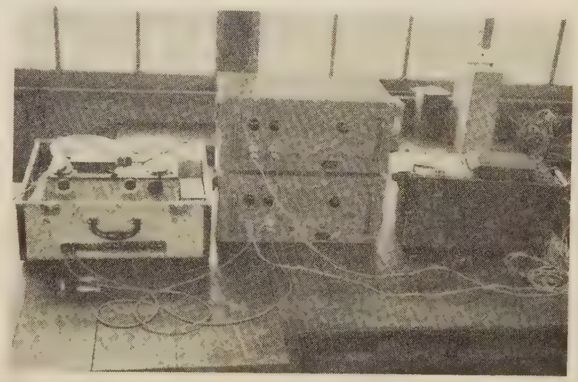
風浪によつてブイのアンテナが動揺するために起る電界強度の変動に対する受信出力の変動を防ぐためと、空中雑音の影響を考慮し、無線の変調方式は周波数変調方式とした。電波は 42.71 Mc および 42.83 Mc の超短波で、有効通達距離は約 10 km である。


空中線
ブイ本体
水中マイクロホン
600
2580
220
510
1200
470
400

第 2 図　送信ブイ外形寸法



第 3 図　送信ブイ外観



第 4 図　受信装置

各部の主な特性は次の通りである。

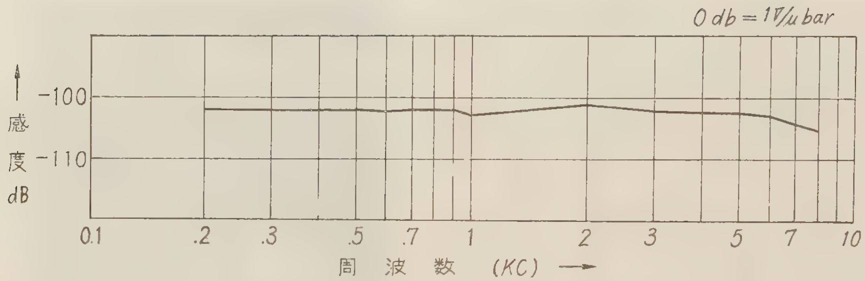
1)　送信ブイ

a.　水中マイクロホン：　$BaTiO_3$ 製 38 ϕ、長さ 30 mm の円筒振動子で第 5 図にその周波数特性を示した。

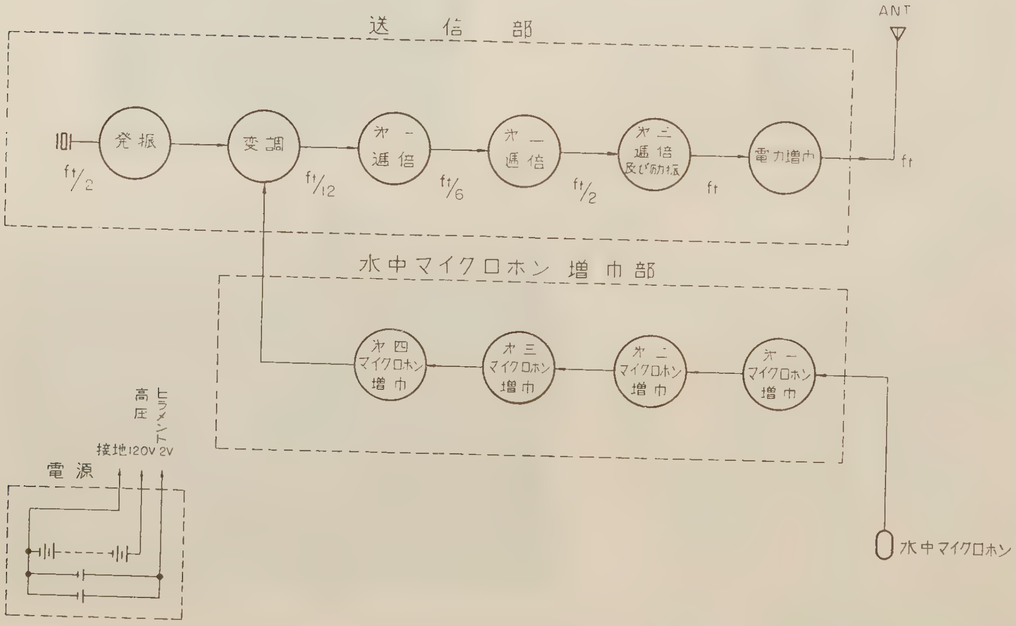
b.　送信器出力：　100 mW

c.　アンテナ：　ポリエステル被覆、長さ ¼ 波長の垂直アンテナで、中空構造である。これは蓄電池ガスの排気と、ブイの円外圧の平衡を保つためである。

d.　電源：　A 電源は 2 Volt、28 AH の蓄電池 2 ケ、B 電源は 120 Volt のアルカリ電池である。



第 5 図 水中マイクロホン周波数特性
（相互較正法による）


送信部
ANT
発振
変調
才一 逓倍
才二 逓倍
才三 逓倍 及び励振
電力増巾
ft/2
ft/12
ft/6
ft/2
ft
ft
水中マイクロホン増巾部
才四 マイクロホン 増巾
才三 マイクロホン 増巾
才二 マイクロホン 増巾
才一 マイクロホン 増巾
水中マイクロホン
高圧
ヒラメント
接地 120V 2V
電源

第 6 図 送信ブイ回路系統図

e. 大きさ： 第 2 図に主要寸法を示す。重量は 53 kg である。

第 6 図に回路系統図を示した。

2) 受信器

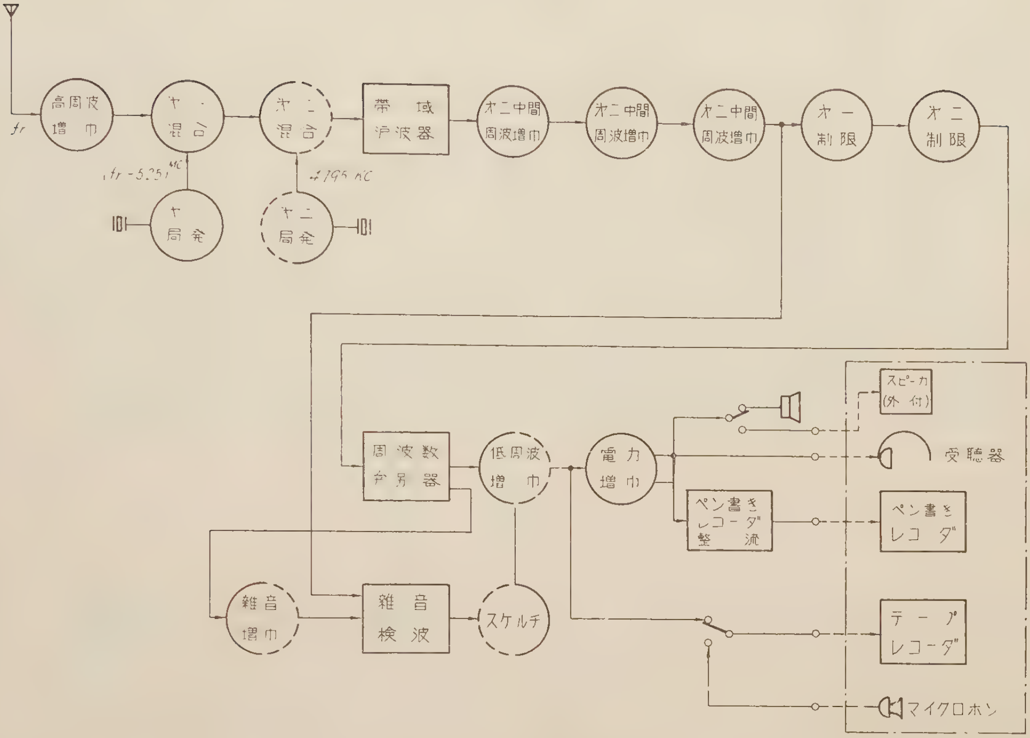
a. 方式： 二重スーパー・ヘテロダイン

b. 感度： 入力 1 μ Volt にて S/N 比 26 dB

c. 低周波出力： 1 W

d. アンテナ： 簡易ダイポール

第 7 図に受信器の回路系統図を示した。


fr
高周波増巾
オ一混合
オ二混合
帯域沪波器
オ二中間周波増巾
オ二中間周波増巾
オ二中間周波増巾
オ一制限
オ二制限
fr -5.251 MC
4.195 MC
オ一局発
オ二局発
スピーカ(外付)
受聴器
ペン書きレコーダ
テープレコーダ
マイクロホン
周波数弁別器
低周波増巾
電力増巾
ペン書きレコーダ整流
雑音増巾
雑音検波
スケルチ

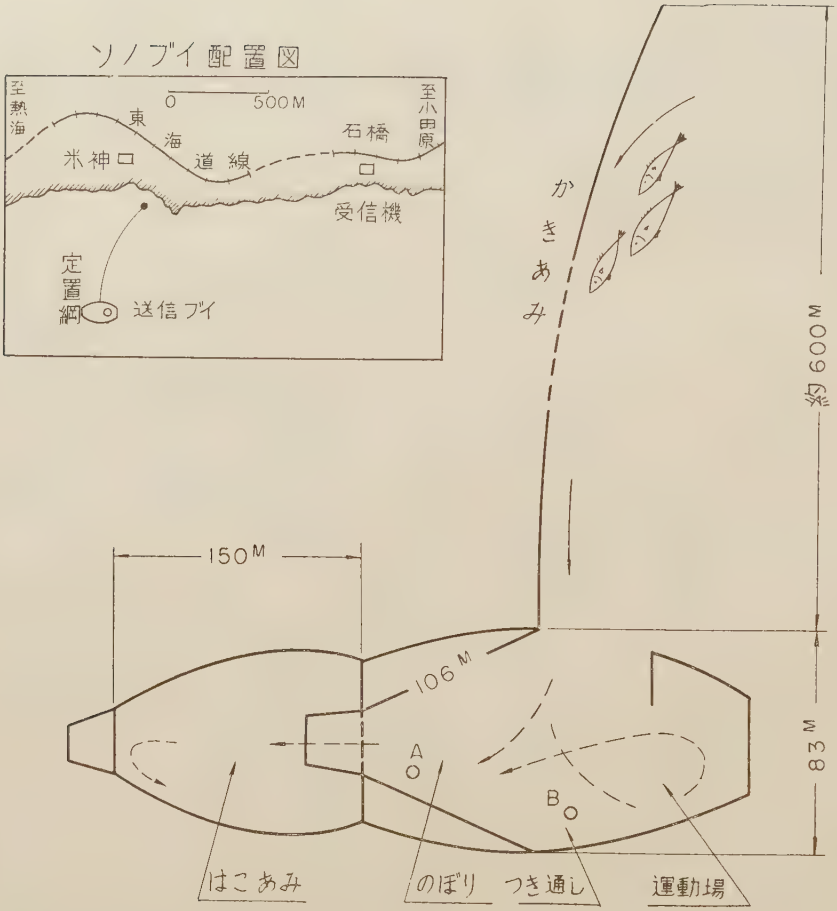
第 7 図　受信器回路系統図

2. 実　　験

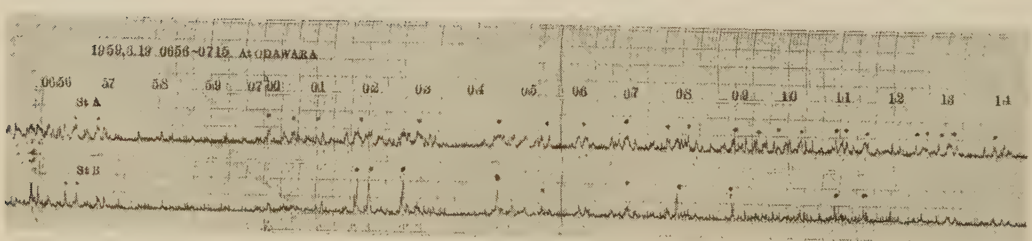
Sonobuoy の実験の第1着手として、ブリなどの水中音を検知し、定置網に入る魚群量との関係を調べるため、3月12日より23日までの間、神奈川県小田原市米神ブリ定置網漁場で実験を行つた。2個の Sonobuoy は第8図の定置網のA点とB点に設置し、受信装置はブイより北東 1.5 km 離れた石橋部落の漁業事務所に設け、網に入る魚群（主としてブリ）の水中音を10昼夜にわたり連続観測した。その結果水中マイクロホンから送られてきた水中音を高声器で聴取すると、その音色からも大きさからも海中騒音とはつきり区別することが出来た。

第9図は水中音の記録で、海中騒音との S/N 比は 10～15 dB である。

魚群の一時間当りの水中音発生回数を縦軸にとり横軸に日時を示せば、第10図のようになる。図中上方の数字は漁獲されてブリの尾数を示している。今後多くの実験を重ねなければ断言できないが、この図より前回と同様に[1])、水中音の回数が増すに従い。漁獲尾数も増加する傾向が認められた。

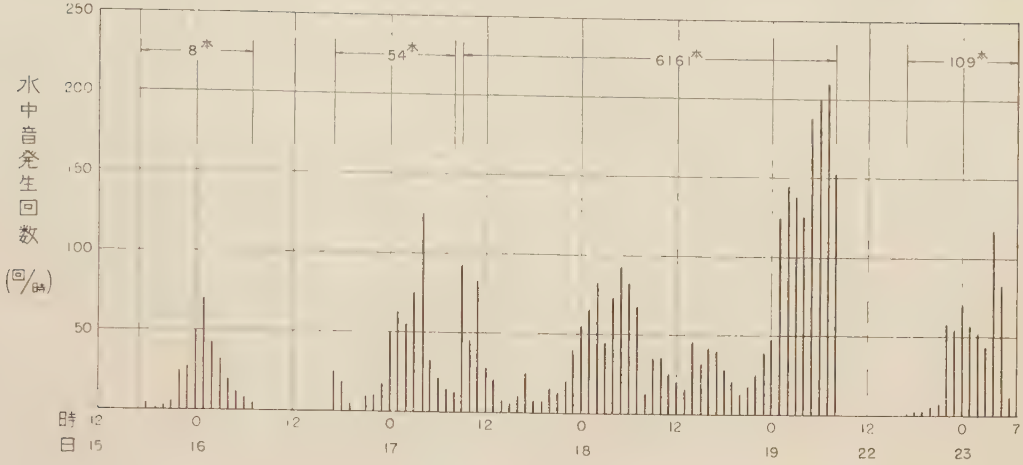

ソノブイ配置図
至熱海
0
500M
至小田原
東
海
道
線
石橋
米神
受信機
定置網
送信ブイ
かきあみ
約600M
150M
106M
83M
A
B
はこあみ
のぼり
つき通し
運動場

第 8 図　ソノブイ配置図



第 9 図　魚群水中音の記録

（図中・印で示す。
上は定置網内A点、下はB点のソノブイの記録）



第 10 図 水中音発生回数と漁獲尾数

3. 実験結果

定置網漁場で、はじめて行つた試作 Sonobuoy による魚群の検知実験の結果を要約すれば、次の通りである。

1) 魚群の発する水中音は海中騒音とその音色、大きさが異なるので、明確に区別して聴音することができ、その S/N 比は 10～15 dB である。

2) Sonobuoy を定置網に応用した一例では、魚群の水中音の記録回数と漁獲尾数とが対応することが認められたので、定置網への入網魚群量の予知は可能であると考えている。

3) 前回のケーブルによる有線伝送方式に比べ、今回の無線伝送方式の Sonobuoy では、海における水中マイクロホンの移動が自由で、天候、海況の影響をうけず、陸上において昼夜をわかたず海中騒音、魚群の水中音の連続観測ができ、しかも経済的であることがわかつた。

今後、イワシ、アジのような各種魚群の発する水中音について実験を進めるとともに、Sonobuoy による魚道調査、あるいはイルカの洄游の予知についても実験を行なう予定である。

謝辞

Sonobouy の試作を担当された沖電気工業 K. K. 萩野、今村、秋元の各氏、海上実験に協力された相海漁業山田又市氏、米神鰤網漁場長石黒平三氏以下各位、ならびに周波数割当にあたり配慮された電波関係当局に謝意を表する。

文献

1) 橋本、西村、間庭： 漁研抜報 第 10 号 昭和 32 年 4 月
2) 橋本、間庭： 音響学会講演論文集 昭和 33 年 10 月

鰹鮪用魚群探知機の技術的考察とその試作、並びに海上実験

橋本富寿　間庭愛信

Technical Examination and Tentative Making of Fish-finder for Tuna and Experiment on it on Sea

Tomiju HASHIMOTO and Yoshinobu MANIWA

ABSTRACT

The echo-sounder had been used for finding shoals in the tuna and bonito fishery. If the echo-trace from the school of tuna or that of bonito is recorded on the paper, the depth and the density of school are found. Therefore, the fish-finder seems to be useful to these fisheries and the ecology.

We made a technical examination on the fish-finder for tuna or bonito, made an apparatus tentatively and made an experiment in it in August 1957.

The results of the experiment are shown as follows;

(1) The reflection loss of ultrasonic waves at the tuna is about 15db.

(2) If the margin of the waves reflected at the bottom of a certain depth is known, the curve which shows the relation between the margin of the waves reflected at the tuna and its depth is got. Therefore, the power of finding is found without experiment.

(3) It is seemed that the most of fish-finders installed on the long liners for tuna have not enough transmitting power of ultrasonic waves. It is necessary to increase it and to increase the number of times of transmission.

(4) The power of finding of the tuna remarkably depends upon whether the installation of transducers on the bottom plate of ship is good or not. Therefore, it is necessary to pay much attention to the installation.

(5) 20 kc frequency is good for the installation of transducers inside the bottom plate of ship. Even 50 kc is enough for fish-finding when transducers are installed outside the bottom plate of ship or they are installed with a special method.

(6) It is able to record the tuna at the depth of about 200 meters.

緒言

大洋中で浅瀬を探しそこがよい漁場である場合が多い。超音波を利用する音響測深機が専らこのために鰹、鮪漁業に使用されてきた。しかし一歩進んで鰹、鮪を直接記録紙上に記録し得れば、これらの魚群の游泳深度、密度が判るので、漁法の上からもまた生態学上にも、大いに役立つものと考えている。そこで鮪船に装備されている魚群探知機の鮪にたいする探知能力を解析したが、ある型のものでは探知能力が小さいことが判つたので、この原因について技術的な検討を行ない実海面で実験をしたところ、一致した結果が出たので鮪漁業に役立ちうるものと信じここに報告する。

1. 技術的考察

鮪用魚群探知機の技術的考察を次の各項に分けて行う。

(a) 鮪のように疎な密度分布をしているものに海面から超音波を出し、それが魚体から反射して海面にもどつてくる超音波の性質はどんなものか。

(b) 超音波が鮪にあたつてはねかえるときの反射損失はどのくらいあるか。

(c) どのくらいの超音波の勢力を出せば 200 m の深さにいる鮪が記録できるか。

(d) 鮪の游泳速度に対して超音波の発射間隔はどれくらいにしたらよいのか。

これらの項目について説明する。

1) 鮪からの反射波と海底からの反射波の相違。

海面から海底に向つて超音波を出すと球面拡散して海底にあたりそこで超音波は損失をうけ再び球面拡散して海面にもどつてくることは既に発表した通りである1)。

$$20\log_{10}P_{2x}=20\log_{10}P_0+10\log_{10}\frac{G_B}{4\pi(2x)^2}-20\log_{10}\frac{1}{\gamma}-20\log_{10}\varepsilon^{2\alpha x}$$

$$20\log_{10}P_{2x}=20\log_{10}P_0+10\log_{10}\frac{G_B}{4\pi}-10\log_{10}(2x)^2-20\log_{10}\frac{1}{\gamma}-20\log_{10}\varepsilon^{2\alpha x}\cdots\cdots(1)$$

α：減衰定数

P_0：送波器の出力音圧

P_{2x}：送波器より $2x$ 伝播したところの音圧

G_B：送波器の指向性利得

γ：音圧反射率

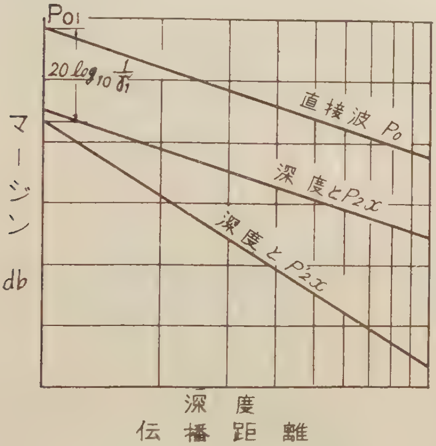
送受波器が海面にあり鮪がその直下にある時音圧反射率を γ_1 とすれば次のようになる。

$$20\log_{10}P'_{2x}=20\log_{10}P_0+10\log_{10}\frac{G_B}{4\pi x^2}-20\log_{10}\frac{1}{\gamma_1}-20\log_{10}\varepsilon^{2\alpha x}+10\log_{10}\frac{1}{x^2}$$

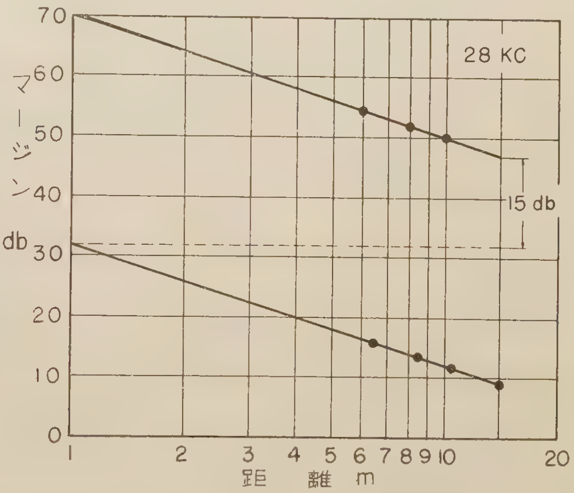
$$20\log_{10}P'_{2x}=20\log_{10}P_0+10\log_{10}\frac{G_B}{4\pi}-10\log_{10}x^4-20\log_{10}\frac{1}{\gamma_1}-20\log_{10}\varepsilon^{2\alpha x}\cdots\cdots\cdots(2)$$

ここで (1) 式と (2) 式を比較すれば両者の差は前者が $10\log_{10}(2x)^2$ の減衰に対し後者は $10\log_{10}x^4$ の減衰になる。

第 1 図は P_{2x}，P'_{2x} と伝播距離または深度との関係を示す曲線であつて、P_{2x} の方が P'_{2x} に比べて同一深度に対してかなり減衰が少いことが明らかである。即ち海底は明瞭に記録しろるマージンがあつても鮪は記録し得ない場合が多いと云うことである。ここで鮪の反射損失 γ_1 の定義は文献 1) P. 73 に述べたように魚体に入射する音圧 P_i に対する、音源方向に魚体から 1 m はなれた所の反射音圧 P_{x1} の比 $\frac{P_{x1}}{P_i}$ である。もう少し説明を加えれば仮りに深度 x に於ける海底反射音圧 P_{2x} を知り、これに $20\log_{10}2+20\log_{10}\frac{1}{\gamma}$ を加えれば直接波の伝播曲線 P_0 を求めることが出来る。又一方音源より 1 m の距離に於ける直接波音圧 P_{01} より鮪の反射損失 $20\log_{10}\frac{1}{\gamma_1}$ だけ下げたところに P'_{2x} 曲線を引けば、この曲線が鮪よりの反射音圧と深度の関係曲線を示すことになる。



第 1 図　鮪よりの反射音圧と深度の関係曲線（但し減衰定数 α の項は無視した）。



第 2 図　鮪の反射損失

(2)　鮪の反射損失 $20\log_{10}\gamma_1$ 1), 2)

魚体の反射損失 $20\log_{10}\gamma_1$ の定義は既に前項 (1) で説明したがこの反射損失の測定値は第 1 表に示すような寸度の鮪では 28kc で 15db である。

第　1　表

	キハダマグロ
全　長	165 cm
体　長	150 cm
体　高	40 cm
体　幅	28 cm
体　重	56 kg

(3)　超音波の発射勢力と鮪の探知距離の関係

(1)，(2) 項で超音波の性質が明瞭となつたので、ここで一般に現在までに鮪船に装備されてきた魚群探知機について検討して見る。勿論筆者が選んだものの外は試験を行つていないので市販品全部についての問題とは別である。

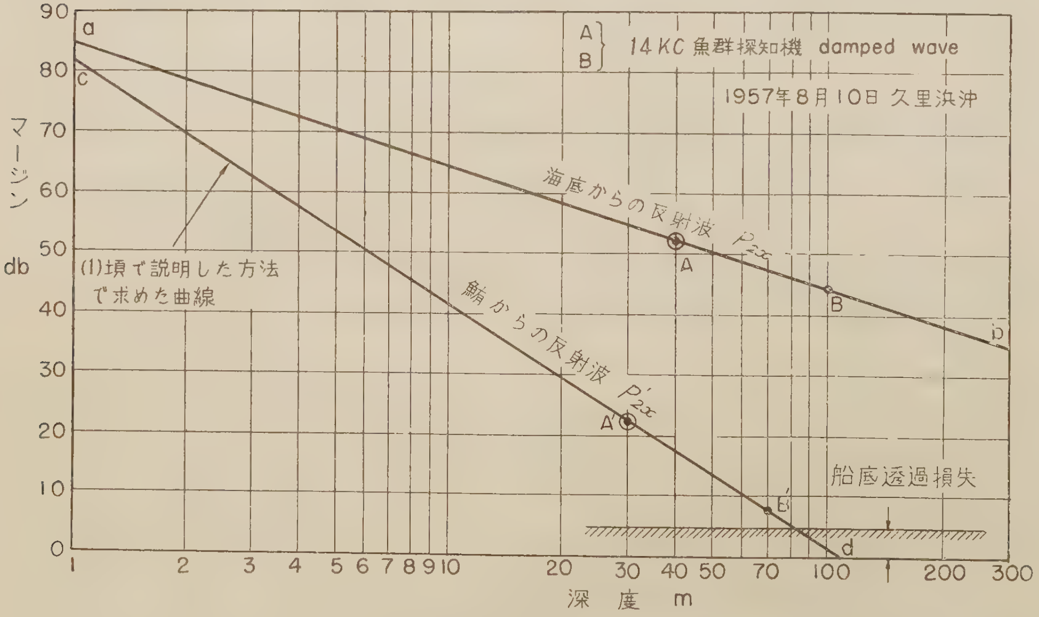
第3図は深度と鮪からの反射波の関係曲線を示すもので、図のうち A, B は海底からの反射波の実測値で *a b* 曲線は海の深さとマージンの関係曲線である。(1), (2) で説明したように鮪からの反射波は *c d* 曲線で計算から求めうる。実海面で鮪からの反射波のマージンを測定すると *A′*, *B′* のようになる。船底透過損失を少な目に考えて 5db としても 80m が探知能力の限度であると思う。実際鮪の魚探記録も大体特別の場合を除いてはそうなつている3)。

ともあれ鮪魚群の生態調査、延縄の深度決定等から考察して 250m 位までは探知することが必要であるから、之等 *A*, *B* の魚群探知機では発射勢力が不足であると云うことができる。

(4)　超音波の発射回数の問題

仮りに船の Speed が 5kt で 1.5m の鮪が止つていたとすれば、船速は約 2.5m/sec であるから超音波は1秒に3回位は必要であろう。これらの問題については実海面で今後検討をする積りである。

以上の各項を総括して判るように、(1) 送波器出力の Power を増すこと、(2) 船底板の反射損失を極度に減少すること、(3) 超音波発射回数はできる限り多くすること、(4) Signal/noise 即ち S/N 比を大きくすること、(5) 記録式魚群探知機では記録像から考えた S/N 比を考慮すること、等が技術的に重要である。



第3図　深度と鮪からの反射波の関係曲線

2. 試作魚群探知機の海上実験結果とその検討

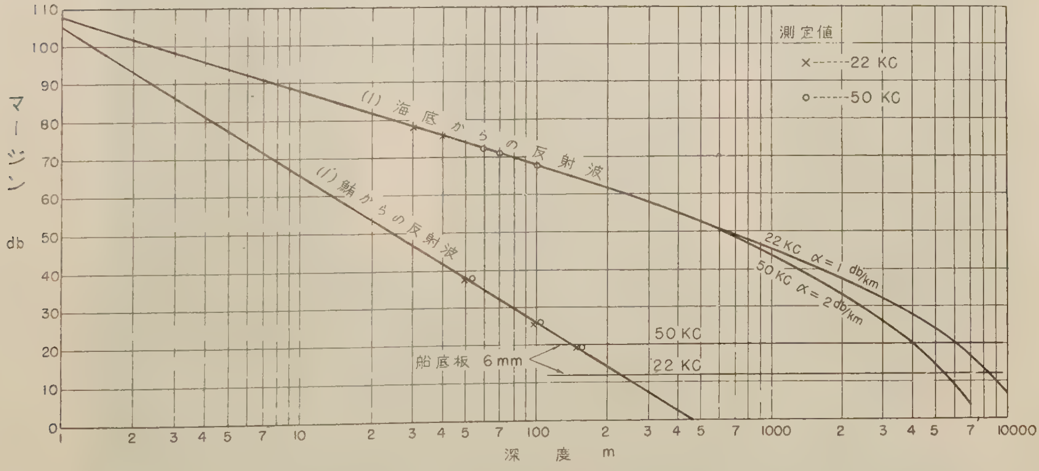
昭和32年10月現在、鮪船の 100t 以上のものは 36% も魚群探知機を装備しているが、それ以下の漁船は 9.6% に過ぎない。まだ魚群探知機の改良によつては普及しうる余裕があることが判る。従つて今後とも船底装備するものが多いと考えられるので、試作した魚群探知機は魚体の周波数による反射損失と船底を透過する際に生ずる超音波の透過損失を考慮して 22kc を選んだ。超音波の発振器は真空管励振で出力は 1.5KW である。また 22kc 送波器の輻射面積は 400cm^2 とした。同時に 100cm^2 の 50kc も実験に用いた。

1. の (1) 項で述べた方法により測深能力と魚探能力を求めると第4図のようになる。

第4図で (1) の曲線は海底からの反射波のマージンと深度との関係曲線で、(1′) は鮪の反射損失を 15db とした場合の反射波のマージンと深度との計算曲線である。

鮪の深度を 50m, 100m, 150m と夫々かえた場合の鮪の反射波のマージンは×印(22kc)、○印(50kc) で示してある様に、よく計算曲線上にのつている。

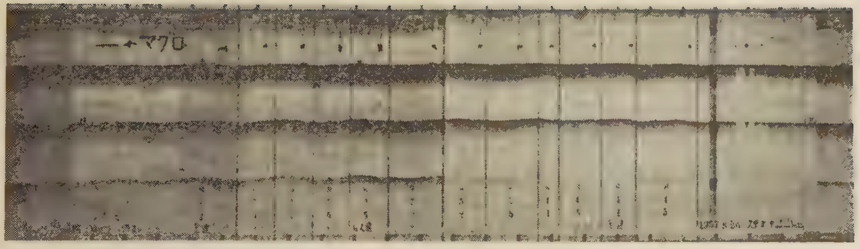
船底装備のための超音波の減衰を考慮すれば、22kc のこの送波器では探知能力は 200m である。



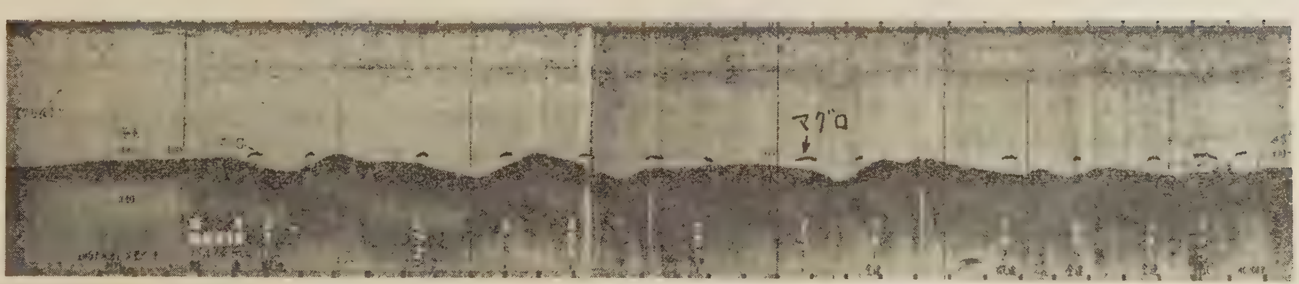
第 4 図　試作機による深度と鮪からの反射波の関係曲線

第5図、第6図は、何れも第7図～第13図で示されたような状況のもとに求めた鮪の記録像である。

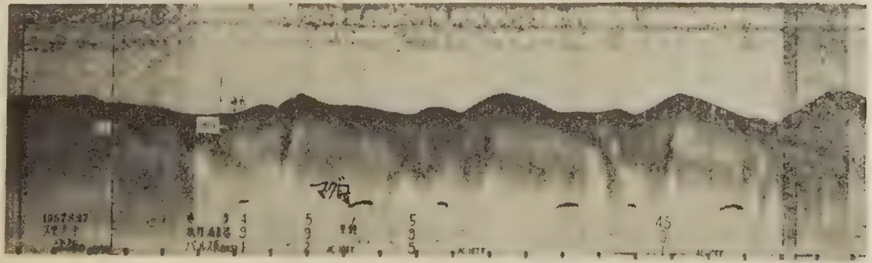
鮪は航走中でも記録像が求めうる事が判つたので今後漁場で実験を行うつもりである。



(a) 深度 30 m に鮪を沈めて求めた記録

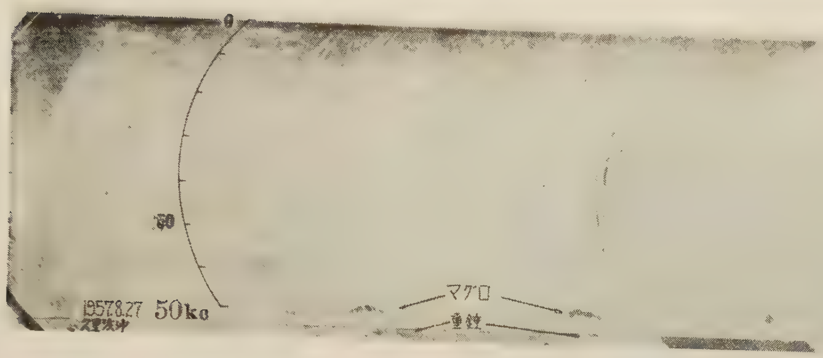


(b) 深度 100 m に鮪を沈めて求めた記録

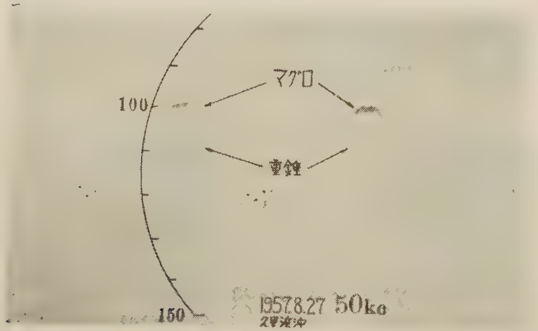


(c) 深度 150 m に鮪を沈めて求めた記録

第 5 図 22 kc 試作機による鮪の記録



(a) 深度 70 m に鮪を沈めて求めた記録

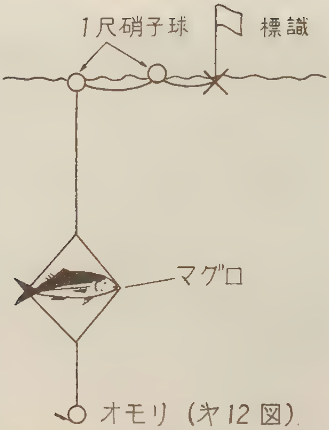


(b) 深度 100 m に鮪を沈めて求めた記録

第 6 図　50 kc 魚探機による鮪の記録

第 7 図　実験に用いた鮪

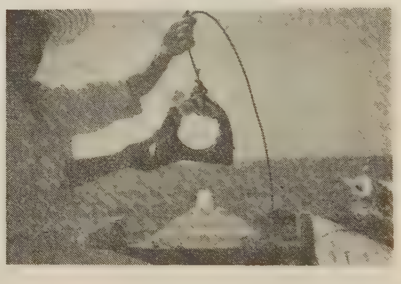
第 8 図　実験試料の鮪を海中に
投入する状況


1尺硝子球
標識
マグロ
オモリ（ヤ12図）

第 9 図　第10図の様に鮪を沈下して海面に立てた標識

第 10 図　鮪を沈下させる方法

第 11 図　鮪の深度を 30 m，70 m，100 m，150 m とかえて、その直上を魚探船が航走する状況（4 kt）



第 12 図　鮪の沈下用のオモリ

第 13 図　実験用測定器具

結　　言

これらの実験をまとめてみると次のようになる、

1. 鮪の反射損失は約 15db 程度である。
2. 任意の深度の海底からの反射波のマージンを知れば鮪からの反射波のマージンと深度の関係曲線が求まり、実験するまでもなく探知能力が判る
3. 実験当時の鮪漁船に装備されているものの多くは超音波の発射勢力が足らぬ感があり、また一方超音波の発射回数を増す必要がある
4. [illegible]実に装備する場合の良否によつて鮪の探知能力が著しく左右されることが考えられるので注意深く装備する必要がある。
5. 船底板を透過するときは 20kc 程度の周波数がよいが、もし送受波器を突出するか、または特殊な装備を行えば、50kc でも十分探知能力があることが判る。
6. 今回の実験を通じ魚探機の記録像として、200m 位の深度の鮪を記録しうることが判つた。

終りに試作機の設計並びに実験に協力された古野電気株式会社　吉田百亮、藤原潤一両氏に謝意を表するものである。

文　　献

1) T. Hashimoto: Characteristics of Ultrasonic Wave Transmitted Vertically in the Sea Water. Report of Fishing Boat Laboratory No. 1. P. 95 Dec. 1953.

2) 橋本富寿、間庭愛信： 100kc から 400kc までの超音波の魚体反射損失に関する研究、音響学会誌第13巻　第1号、昭和32年5月

3) 木村喜之助、岩下光男： 音響測深機に記録されたカツオ、マグロ群の像、東北海区研究所報告　昭和27年6月

既刊報告

漁船研究技報第1号

漁船研究技報発刊に際して……(1)
漁船研究機関設置の経緯……(2)
漁船用試作振り動力計について（推進能力研究 第1報）……(11)
漁艙防熱装置の研究（第1報）……(31)
漁船機関高速軽量化実地研究試験成績……(56)
磁気羅盆に関する研究（随伴角の問題）……(71)
磁気羅針儀簡易検定装置の研究……(83)

漁船研究技報第2号

漁船研究技報第2号刊行に際して……(1)
漁船研究の事業概況……(2)
漁船用試作振り動力計について（推進能力研究 第1報）……(4)
漁艙防熱装置の研究（第2報）……(11)
二、三の船型試験成績について（水槽試験報告 第1報）……(19)
和船型実験船の計画概要について（小型漁船性能改善研究 第1報）……(30)
機関の微速運転とシリンダー摩耗について……(40)
磁気羅針儀羅牌の研究……(69)
磁気羅針儀実験室について……(33)
魚群探知機に関する研究（周波数に関する研究）……(90)
魚群探知機に関する研究（油の超音波特性に及ぼす影響 第1報）……(98)
魚群探知機に関する研究（整流覆の送受波器に及ぼす影響）……(100)

漁船研究技報第3号

漁船研究技報第3号刊行に際して……(1)
漁船研究室の事業概況……(2)
二型動力計による漁船試験成績について（推進能力研究 第3報）……(1)
漁艙防熱装置の研究（第3報）……(11)
和洋折衷型実験船の概要について（小型漁船性能改善研究第4報）……(19)
和船型実験船「あかつき」の海上実験成績について（小型漁船性能改善研究 第2報）……(35)
積層材構造の耐水木材の性能について（小型漁船性能改善研究 第3報）……(47)
船型試験成績について（水槽試験成績 第2報）……(57)
漁船機関シリンダー等の摩耗について（第2報）……(87)
磁気羅盆に関する研究（随伴角に関する実験）……(111)
磁気羅盆経年変化の一例……(131)
二艘曳機船底曳網漁業用魚量計について……(139)
曳航式中層遠隔水温計の試作研究……(159)
魚群探知機に関する研究……(177)

漁船研究技報第４号

漁船研究技報第４号刊行に際して……………………………………………………………………（ 1 ）
漁船研究室の事業概況……………………………………………………………………………（ 2 ）
船型試験成績について（水槽試験成績 第３報）…………………………………………………（ 4 ）
改２型動力計による「白嶺丸」の試験成績について（推進能力研究 第４報）…………………（ 18 ）
和洋折衷型実験船「ちどり」の海上実験成績について（小型漁船性能改善研究 第５報）………（ 25 ）
和船型木造漁船の撓みについて（小型漁船性能改善研究 第６報）………………………………（ 31 ）
漁船機関シリンダー等の摩耗について（第３報）…………………………………………………（ 49 ）
磁気羅盆に関する研究（制振特性について第１報）………………………………………………（ 83 ）
舶用精密空盒気圧計の試作研究……………………………………………………………………（102）
二艘曳機船底曳網漁業用魚量計について（第２報）………………………………………………（112）
魚群探知機に関する研究……………………………………………………………………………（125）

漁船研究技報第５号

漁船研究技報第５号刊行に際して……………………………………………………………………（ 1 ）
漁船研究室の事業概況……………………………………………………………………………（ 3 ）
運搬漁船の船型試験成績について（水槽試験成績 第４報）……………………………………（ 7 ）
和船型木造船の撓みについて（小型漁船性能改善研究 第７報）…………………………………（ 27 ）
神鷹丸の舵軸振力率試験について…………………………………………………………………（ 39 ）
漁船機関のシリンダー等の摩耗について（第４報）………………………………………………（ 49 ）
磁気羅盆に関する研究（制振特性について 第２報）……………………………………………（ 67 ）
底曳網用自記式網高さ計、G.R. 展開計及びそれらの実験結果について ………………………（ 73 ）
魚群探知機の装備に関する研究……………………………………………………………………（141）
　Ⅰ．船底突出型整流覆の形状に関する研究………………………………………………………（141）
　Ⅱ．船底気泡層に関する研究………………………………………………………………………（149）
魚群探知機の記録像より見た海底地形の忠実性について……………………………………（155）
D.S.L. の超音波伝播持性に及ぼす影響に関する研究……………………………………………（167）
魚群探知機によるコンブ群落の探知に関する研究………………………………………………（167）

漁船研究技報第６号

晴和丸の船型試験成績及試運転成績………………………………大津義徳、横山信立、小林　務……（ 3 ）
積層梁曲材の強度試験………………………………………………………………大津義徳、和田正三……（ 15 ）
漁船機関のシリンダー等の摩耗について……………清水三郎、草間喜代松、三浦喜晃、石渡　晃……（ 27 ）
自記式網高さ計 G.R. 展開計とそれらのトロール網に就ての実験結果
　……………………………………………………………………熊凝武晴、葉室親正、石井謙治……（ 41 ）
海水中に於けるミリメーター波超音波伝播特性並びに魚群探知実験
　……………………………………………………………………橋本富寿、西村　実、間庭愛信……（ 93 ）
音響測深より求めた海底地形と海底実形との対比について……………………橋本富寿、西村　実……（105）
魚群体の超音波反射損失と反射波の性質……………………………………………橋本富寿、間庭愛信……（113）

漁船研究技報第７号

軽合金漁艇による船体強度実験……和田正三……(1)
漁船機関のシリンダ等の摩耗について—VI（クローム鍍金シリンダの実地試験）……草間喜代松、山田敏夫……(13)
漁船機関のシリンダ等の摩耗について—VII（部分クローム鍍金シリンダの実験）……草間喜代松、山田敏夫……(23)
漁船機関のシリンダ等の摩耗について—VIII（冷却水温度の影響）……三浦喜晃、石渡　晃……(37)
磁気羅盆に関する研究—V（制動液とダンパーに関する実験 第1報）……石井謙治、鈴木　裕……(53)
磁気羅盆に関する研究—VI（試作極地用磁気羅盆の実験 第1報）……石井謙治、鈴木　裕……(75)

漁船研究技報第８号

蒼鷹丸の可変節推進器試験……横山信立……(1)
木造以西底曳網漁船の船型試験成績……小林　務……(11)
鮭鱒流刺網用計測器（自記式網深さ計、自記式網地長さ計）と其等の実験結果について……葉室親正、石井謙治……(29)
カニ底刺網に対する自記式網深さ計並びに自記式網高さ計の応用計測について……葉室親正……(83)
100 kc 乃至 400 kc 超音波の伝播特性（久里浜湾口における冬期の実験）……橋本富寿、間庭愛信、西村　実……(103)
波長が mm となつた場合の魚体における超音波反射損失に関する研究……橋本富寿、間庭愛信……(113)
200 kc 超音波による簡易水平ソーナーの試作並びに海上実験……橋本富寿、菊池喜充、西村　実、間庭愛信……(119)
北洋鮭鱒漁場における魚群探知実験……橋本富寿、間庭愛信……(131)
カムチヤツカ西沿岸カニ漁場における魚群探知実験について……橋本富寿、西村　実……(151)

漁船研究技報第９号

漁船の復元性能についての一考察（その1）中型漁船について……土屋　孟…(1)
魚艙防熱材の研究……北村悌男…(63)
漁船機関のシリンダ等の摩耗について～IX（冷却水温度の影響その2）……三浦喜晃、草間喜代松、山田敏夫…(91)
自記式2点同時計測網高さ計（III型）並びにそのトロール網についての実験結果……葉室親正、石井謙治…(109)
波長が mm の程度となつた場合の魚体における反射損失に関する研究（2）……橋本富寿、間庭愛信…(165)
底魚用魚群探知機に関する研究（1）（底魚用魚群探知機に関する技術的考察並びにその実験）……橋本富寿、間庭愛信…(175)
底魚用魚群探知機に関する研究（2）（50 kc 魚群探知機による底魚探知実験）……橋本富寿、間庭愛信…(183)
底魚用魚群探知機に関する研究（3）（200 kc 魚群探知機によるカニ探知実験）……橋本富寿、西村　実…(199)
超音波による DSL の研究（2）……橋本富寿、間庭愛信…(209)
久里浜湾における水中騒音の測定……橋本富寿、西村　実…(219)

漁船研究技報第10号

漁船機関のシリンダ等の摩耗について―X（燃料の影響その 1）……清水三郎、草間喜代松…（1）
自記式2点同時計測網高さ計（III型）の二艘曳機船底曳網についての実験結果……葉室親正…（19）
磁気羅盆に関する研究―VII（試作極地用磁気羅盆の実験第2報）……石井謙治…（41）
圧力計型水温計の試作研究……石井謙治…（55）
定置網に入るブリ魚群の騒音について……橋本富寿、西村 実、間庭愛信…（69）
24 kc と 200 kc 超音波による魚群探知の比較実験……橋本富寿、間庭愛信、西村 実…（79）
超音波の気泡層による減衰について……橋本富寿、西村 実…（87）
記録式簡易水平ソーナーの試作並に海上実験……橋本富寿、間庭愛信、西村 実…（95）

漁船研究技報第11号

木造漁船の人力操舵について……横山信立…（1）
和船型の船型試験成績……小林 務…（15）
空盒気圧計の振動実験……石井謙治…（29）
自記式鮪延縄用深さ計による鮪延縄漁具の水中における形状その他についての二、三の考察……葉室親正・石井謙治…（39）
海水中における1Mc超音波の伝播特性……橋本富寿・菊池喜充・間庭愛信・西村 実…（121）
魚体の超音波反射損失の研究（鰾の影響について）……橋本富寿・間庭愛信…（143）
海底、魚群よりの超音波の反射波形に関する研究……間庭愛信…（157）

漁船研究技報第12号

北欧型木造トロール漁船の船型試験……横山信立・小林 務…（1）
以西底曳網漁船の海上実験報告（船体の部）……土屋 孟…（27）
漁船機関のシリンダ等の摩耗について―XI（クローム鍍金シリンダの実用試験その 2）……清水三郎・草間喜代松・山田敏夫…（45）
新型網高さ計、網速度計、H. R. 及び G. R. 張力計とそれの二艘機船底曳網での実験結果……葉室親正・石井謙治…（61）
定置網用網深さ計とそれによる「登り」の網成り計測及び超音波（200 K.C.）による計測の試み……葉室親正・石井謙治・本多勝司…（85）
海中生物の発する超音波騒音について……橋本富寿・間庭愛信…（99）
東支那海における底魚用魚群探知機の実験……西村 実…（115）
魚群探知機によるタラバガニの探知について……橋本富寿・西村 実…（137）
14.5 kc 魚群探知機と尖鋭ビームを有する 200 kc 魚群探知機による同一海面に於ける測量図の対比……橋本富寿・間庭愛信…（149）

Contents of the Preceding Reports

Technical Report of Fishing Boat No. 1 1950

Upon publication of "Technical Report of Fishing Boat" ……(1)
Establishment of Fishing Boat Studying Organ……(2)
Torsion Meter for Fishing Boat ……(1)
Study in Insulation of Fish Holds (Report No. 1) ……(31)
Study to Make Fishing Boat Engine High Speed and Light Weight ……(56)
Study on Magnetic Bowl (Report No. 1)……(71)
Study on Simplified Method of Observation of Magnetic Moment of Compass……(83)

Technical Report of Fishing Boat No. 2 1951

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 2……(1)
Outline of Business of Fishing Boat Laboratory ……(2)
Trial Products of Torsion Meter for Fishing Boat (Study in Propulsion Efficiency Report No. 2) ……(4)
Study in Insulation of Fish Holds (Report No. 2) ……(11)
Experiments of Model Ships (Tank Test Report No. 1) ……(19)
Outline of Plan of Japanese Type Test Boat (Study of Improvement of Smale Fishing Boat Report No. 1) ……(30)
Minimum Slow-Running of Engine and Wearing of Cylinders ……(40)
Study on Magnetic Compass Card (Report No. 1) ……(69)
On Magnetic Compass Laboratory ……(83)
Study on School Finder ……(90)
Study on School Finder (Influence of Oil on the Characteristics of Supersonic Wave, Report No. 1) ……(98)
Study on School Finder (The Effect of Vibrator Cover) ……(100)

Technical Report of Fishing Boat No. 3 1952

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 3……(1)
Outline of Business of Fishing Boat Laboratory ……(2)
Experimental Results on Actual Ships by No. 2 Type Torsionmeter (Study Propulsion Efficiency, Report No. 3)……(1)
Study in Insulation of Fish Holds (Report No. 3) ……(11)
On the Outline of an Experimental Boat Compromising Japanese and Foreign Type……(19)
On the Trial Performances of the Japanese Type Experimental Boat "Akatsuki" ……(35)
On the Characteristics of Water Proof Laminated Wood ……(47)
Experimental Results of Ship Forms……(57)
Wearing of Cylinders of Fishing Boat Engines (Report No. 2) ……(87)
Study on Magnetic Compass Bowl (Experiments on Waked Angle) ……(111)
An Example of Durability of Magnetic Compass Bowl……(131)

Catch Gauge for Two Boat Trawler ……(139)
Experiments on Manufacturing of Remote Control Towing Thermometer for Mid Water……(159)
Study on School Finder……(177)

Technical Report of Fishing Boat No. 4 1953

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 4……(1)
Outline of Business at Fishing Boat Laboratory ……(2)
Experimental Results of Ship Forms (Tank Test Results, Report No. 3) ……(4)
Experimental Results of the Actual Ship's Trial by the Improved No. 2 Type Torsion Meter (Study in Propulsion Efficiency Report No. 4) ……(18)
Trial Results of the Compromised Japanese and Foreign Type Experimental Boat "Chidori" ……(25)
Deflection of Japanese Type Wooden Fishing Boat……(31)
Wearing of Cylinders of Fishing Boat Engines (Report No. 3) ……(49)
Study on Magnetic Compass Bowl (Damping character of Compass Card) ……(83)
Marine Aneroid Barometer……(102)
Catch Gauge for Two Boat Trawler ……(112)
Study on Fish Finder ……(125)
  I Trial Products of Fishing Boat Laboratory Type Small Fish Finder ……(125)
  II Characteristic of Ultrasonic Transducer in Mounting Tank ……(130)
  III Sounding by Fish Finder ……(134)
  IV Sounding of Artificial Schools, Sea Plants Fields by Fish-Finder ……(138)

Technical Report of Fishing Boat No. 5 1954

Upon Publication of "Technical Report of Fishing Boat" No. 5……(2)
Outline of Business of Fishing Boat Laboratory ……(5)
Tank Test Results of Fish Carrier (Tank Test Results, Report No. 4) ……(7)
Deflection of Japanese Type Wooden Fishing Boat (Research on the Improvement of the Characteristics of small Fishing Boat) ……(27)
Rudder Torque Measurements of the Trawler "Shin-yo-maru" ……(39)
Wearing of Cylinders of Fishing Boat Engine ……(49)
Study on Magnetic Compass Bowl ……(67)
Automatic Net-Height Meter and Automatic Ground Rope Indicator for Two-Boat Trawler and Results of Experiment for These Apparatuses……(73)
Mounting of Transducer of the Echo-Sounder ……(141)
  I Study on the Form of Projected Streamlined Cover ……(141)
  II The Bubble Layer under the Ship Bottom ……(149)
Reliability of Record of Shaps for Sloped Sea Bottom Obtained by Ultrasonic Echo-Sounder……(155)
Influence of D,S.L. on the Characteristics of Ultrasonic Wave Propagation ……(167)
Study on Detection of the Japanese Tang Field by the Ultrasonic Echo-Sounder ……(187)

Technical Report of Fishing Boat No. 6 March 1955

Experimental Results of Model Test and Actual Ships Trial of the "Seiwa-Maru" ······ Yosinori Otsu, Nobutatsu Yokoyama, Tsutomu Kobayashi······(3)
Strength Test of Laminated Beam Knees ······Yoshinori Otsu, Shozo Wada······(15)
Wears of Cylinder etc. of Fishing Boat Engine-V ······ Saburo Shimizu, Kiyomatsu Kusama. Yoshiaki Miura, Akira, Ishiwatari······(27)
Automatic Net-heigh Meter and Automatic Ground Rope Indicator for Trawler and Results of Experiment for these Apparatuses ······ Takeharu Kumagori, Chikamasa Hamuro, Kenji Ishii······(41)
Propagation characteristics of High Frequency Ultrasonic in Sea Water ······ Tomiju Hashimoto, Minoru Nishimura, Yoshinobu Maniwa······(93)
Reliability of Record for the Shape of Sea Bottom Obtained by ultrasonic Echo- sounder ······ Tomiju Hashimoto, Minoru Nisimura······(105)
Ultrasonic Reflection Loss on Fish Shoal and Characteristics of the Reflected Wave ······ Tomiju Hashimoto, Yoshinobu Maniwa······(113)
(Appendix) Contents of the Preceding Reports ······(141)

Technical Report of Fishing Boat No. 7 January 1956

Structural Strength Investigation on Alminium Fishing Boat ······Shozo Wada······(1)
On Cylinder Wear in Diesel Engines VI (Results of porous chromium plated by practical use)······Kiyomatsu Kusama, Toshio Yamada······(13)
On Cylinder Wear in Diesel Engines VII (Cylinder of knurled and chromium plated partly) ······Kiyomatsu Kusama, Toshio Yamada······(23)
On Cylinder Wear in Diesel Engines VIII (Effect on temperature of Cooling Water) ······ Yoshiaki Miura, Akira Ishiwatari······(37)
Study on Magnetic Compass Bowl-Report V (Experiments on Compass liquid and Damper)······Kenjl Ishii, Hiroshi Suzuki······(53)
Study on Magnetic Compass Bowl-Report VI (Experiments on High Latitude Compass Bowl, No. 1) ······Kenji Ishii, Hiroshi Suzuki······(75)

Technical Report of Fishing Boat No. 8 March 1956

Experiment of Controllable Pitch Propeller of the "Sōyō-Maru" ······ Nobutatsu Yokoyama······(1)
Experimental Results of Model Tests for Wooden Two-Boat Trawler ······Tsutomu Kobayashi······(11)
Study on the Automatic Net Depth Meter, Automatic Net Length Meter for Salmon Gill Net and the Results of Measurement at Sea···Chikamasa Hamuro, Kenji Ishii······(29)
Study on the Automatic Net Depth Meter, Net Hight Meter for the Crab Tangle Net at its Practical Application ······Chikamasa Hamuro······(83)
Propagation Characteristics of High Frequency Ultrasound in Sea Water······ Tomiju Hashimoto, Yoshinobu Maniwa, Minoru Nishimura······(103)
Study on Reflection Loss of Ultrasonic Wave on Fish-body by Milimeter Wave ······ Tomiju Hashimoto, Yoshinobu Maniwa······(113)
Study on Simplified SONAR of 200 kc Ultrasound and its Field Test ······ ···Tomiju Hashimoto, Yoshimitsu Kikuchi, Minoru Nishimura, Yoshinobu Maniwa······(115)
Experiment of Fish-finding at Fishing-Ground of Salmon in the North Pacific Ocean ······ Tomiju Hashimoto, Yoshinobu Maniwa······(131)
Study on Application of Echo-sounder for Fishing-ground of Crab at the Okhotsk Sea, Western Waters of Kamchatsker Peninsula···Tomiju Hashimoto, Minoru Nishimura······(151)

Technical Report of Fishing Boat No. 9 September 1956

A Note of Fishing Boat Stability (Report No. 1, Medium Type Boat) …… Tsutomu Tsuchiya…(1)
Study of Fish Hold Insulation Materials ……Yasuo Kitamura…(63)
Wears of Cylinder of Fishing Boat Engines—IX (Effect on Temperature of Cooling Water No. 2)……Kikō Miura, Kiyomatsu Kusama & Toshio Yamada…(91)
Automatic Net-height meter Measuring Simultaneously two points of the Trawl Net, and Results of Experiments for these Apparatuses……Chikamasa Hamuro & Kenji Ishii…(109)
Study on Reflection Loss of Ultrasound Milimeter Wave on Fish-body …… Tomiju Hashimoto & Yoshinobu Maniwa…(165)
Study on Fish-finder for Ground-fish (Report No. 1) (Technical Examination and Experiment on Fish-finder for Ground-fish) …… Tomiju Hashimoto & Yoshinobu Maniwa…(175)
Study on Fish-finder for Ground-fish (Report No. 2) (Study on Finding of Ground-fish by 50 kc Fish-finder) …… Tomiju Hashimoto & Yoshinobu Maniwa…(183)
Study on Fish-finder for Ground-fish (Report No. 3) (Study on Detection of Ground-fish by 200 kc Fish-finder) …… Tomiju Hashimoto & Minoru Nishimura…(199)
Study of DSL by Ultrasonic Wave (2)……Tomiju Hashimoto & Yoshinobu Maniwa…(209)
Study on Measurement of Under-water Noises At Kurihama Bay ……Tomiju Hashimoto & Minoru Nishimura…(219)

Technical Report of Fishing Boats No. 10 April 1957

Wears of Cylinder of Fishing Boat Engine—X —Effect of Fuel Oil No. 1— ……Saburo Shimizu, Kiyomatsu Kusama…(1)
Analysis of Two-boat Trawling Net by Automatic Net Height Meter by Measuring Simultaneously Two Points of the Net ……Chikamatsu Hamuro…(19)
Study on Magnetic Compass Bowl —Report—VII (Experiments on Hight Latitude Compass Bowl, No. 2)……Kenji Ishii…(41)
Study on Pressure-Spring Thermometer……Kenji Ishii…(55)
Noise of Yellowtail When It Comes into the Set Net —Relation between the Noise and Amount of Catch —Relation between the Intensity of Noise and Weather— …… Tomiju Hashimoto, Minoru Nishimura, Yoshinobu Maniwa…(69)
Experiment on Difference between 24 KC Fish-finder and 200 KC Fish-finder …… Tomiju Hashimoto, Yoshinobu Maniwa, Minoru Nishimura…(79)
Effect of Bubble Layer on the Attenuation of Ultrasonic Wave……Tomiju Hashimoto, Minoru Nishimura…(87)
Study on Simplified Record Type SONAR and Its Field Test…… Tomiju Hashimoto, Yoshinobu Maniwa, Minoru Nishimura…(95)

Technical Report of Fishing Boat No. 11 January 1958

On the Mannual Steering of Japanese Wooden Fishing Boats ……Nobutate Yokoyama…(1)
Series Model Tank Testes of Japanese Fishing Boats ……Tsutomu Kobayashi…(15)
Vibration Tests of Aneroid Barometer ……Kenji Ishii…(29)
Analysis of Tuna Long-line by Automatic Depth Meters …… Chikamasa Hamuro & Kenji Ishii…(39)
Propagation Characteristic of 1 Mc Ultrasonic Sound in Sea Water…… Tomiju Hashimoto, Yoshimitsu Kikuchi, Yoshinobu Maniwa & Minoru Nishimura…(121)
Study on Ultrasonic Reflection Loss on Fish-body (On the Influence of the Air-bladder)……Tomiju Hashimoto & Yoshinobu Maniwa…(143)
Study on the Ultrasonic Wave Form Reflected on the Sea Bottom, Fishschools and Seaweeds ……Yoshinobu Maniwa…(157)

Technical Report of Fishing Boat No. 12 October 1958

Model Test of European Wooden Trawler……Nobutatsu Yokoyama & Tsutomu Kobayashi…(1)
Some Report on a Two-Boat-Trawler Operating on the East China Sea from the Naval Architectural Point of View……Tsutomu Tsuchiya…(27)
On Cylinder Wear in Diesel Engines—XI (Results of powers chromium plated cylinder by practical use No. 2)……Saburo Shimizu, Kiyomatsu Kusama & Toshio Yamada…(45)
Smaller type sensitive net-height self-recorder, self-recording tensionmeter for head and ground ropes, net-against-water speedmeter, and the experimental results of these instrument on two boat trawl net and the otter trawl net……Chikamasa Hamuro & Kenji Ishii…(61)
Study on the self-recording net depth meter, the echo-sounding machine (200 K.C.) for the set net and results thereof……Chikamasa Hamuro, Kenji Ishii & Katsuji Honda…(85)
Noise of Creatures in Sea in Region of Ultrasound…… Tomiju Hashimoto & Yoshinobu Maniwa…(99)
Study on Fish-finder for Ground Fish on the East China Sea……Minoru Nishimura…(115)
Detection of King Crab by Fish Finder……Tomiju Hashimoto & Minoru Nishimura…(137)
Comparison between Survey Map by 14. 5 kc Fish-finder and that by 200 kc Fish-finder with Sharp Beam on Same Sea……Tomiju Hashimoto & Yoshinobu Maniwa…(149)

昭和 34 年 10 月 24 日 印刷
昭和 34 年 10 月 30 日 発行

漁船研究技報
第 13 号

発行所 東京都千代田区霞ヶ関2—1
水産庁生産部
編輯者 調査官 大津義德

印刷所 東京都中央区新富町三ノ六
日本応用印刷株式会社
印刷者 田中忠雄